

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
Hornicko – geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství**

**Bakalářská práce**

**Vývoj objemů a chemismu vod vodní  
nádrže Kružberk**

**The development of water volumes and  
water quality in Kružberk reservoir**

**Autor:**

**Jakub Charvát**

**Ostrava 2017**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Charvát**  
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou  
Téma: **Vývoj objemů a chemismu vod vodní nádrže Kružberk**  
**The development of water volumes and water quality in Kružberk**  
**reservoir**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Vodárenské nádrže a chemismus vod
3. Charakteristika vodárenské nádrže Kružberk
4. Metodika hodnocení dat
5. Vyhodnocení a diskuse
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


Dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jitka Chromíková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017

  
doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.  
vedoucí institutu



  
prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.  
pověřený vedením fakulty

## **Prohlášení**

**Celou bakalářskou práci, včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.**

**Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).**

**Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.**

**Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>**

**Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.**

**Bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).**

**V Ostravě dne .....**

**Jakub Charvát**

**.....**

## **Poděkování**

Mé poděkování bych chtěl vyjádřit vedoucí bakalářské práce Ing. Jitce Chromíkové, Ph.D. za odborné vedení, připomínky a cenné rady při tvorbě této bakalářské práce. Toto poděkování patří i podniku Povodí Odry, státní podnik, za poskytnutí potřebných dat a materiálů, které sloužily jako podklad k této práci. Dále bych rád poděkoval mé rodině za trpělivost a pomoc při zhotovování této práce.

## ANOTACE

Obsahem bakalářské práce je seznámení čtenáře s aktuální legislativou, postupy a metodami vyhodnocování monitoringu surových a pitných vod. Dále práce obsahuje zpracování údajů za roky 2006 až 2014, údolní nádrže Kružberk, která je zásobárnou pitné vody pro Ostravu a okolí. Zabýval jsem se objemem a jakostí vody v této údolní nádrži. Za pozornost stojí sledované období roku 2013, konkrétně měsíc březen a duben. Zde máme extrémní podstav objemu vody v nádrži. Co se týká jakosti vody, byly sledovány tyto ukazatele:  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3$ , fosfor,  $\text{CHSK}_{\text{cr}}$  a  $\text{BSK}_5$  na přítoku do nádrže Kružberk a na jejím odtoku. Tato data byla také graficky srovnána pro větší přehled. Všechna data jsou přehledně a podrobně zobrazena v grafech. Zde stojí za zmínku velký nárůst hodnot  $\text{N-NH}_4^+$  na odtoku oproti přítoku v letech 2009 a 2013.

Klíčová slova: vodní dílo, nádrž Kružberk, monitoring vod, jakost vod, objem, chemismus

## **Summary**

The Bachelor Thesis aims to familiarize readers with the current legislation, procedures and evaluation methods of raw and drinking water monitoring. Also the data processing for the years 2006 to 2014, in the Kružberk Reservoir, which is a drinking water reservoir to supply Ostrava and its surroundings. I have dealt with the volume and quality of the water in this reservoir. Attention is paid especially to the monitored period of the year 2013, March and April in particular, when there was an extreme shortage of water in the reservoir. With regard to the quality of the water, the following indicators were observed:  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3$ , phosphorus,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  and  $\text{BOD}_5$  at the feed into the Kružberk Reservoir and at the run-off. All the data were plotted into graphs for better clarity and compared. It is worth mentioning the difference in the values of  $\text{N-NH}_4^+$  at the feed and at the run-off from the reservoir in years 2009 and 2013.

Keywords: water reservoir, Kružberk water dam, water monitoring, water quality, volume, chemism

## Obsah

1	Úvod a cíl práce.....	1
2	Pojem vodní dílo.....	2
3	Monitoring vod.....	4
4	Jakost vod.....	6
4.1	Teplota.....	8
4.2	Průhlednost vody u hráze.....	10
4.3	Hodnota PH.....	11
4.4	Dusíkaté látky.....	12
4.5	Fosfor.....	13
4.6	Organické látky.....	14
5	Charakteristika Vodní nádrže Kružberk.....	16
5.1	Vodní nádrž Lobník.....	19
6	Vyhodnocení Vývoje objemů a chemismu vod vodní nádrže Kružberk.....	20
6.1	Objemy.....	21
6.2	Chemismus.....	27
6.2.1	Vývoj jakosti vod vodní nádrže Kružberk.....	27
6.2.2	Vývoj chemismu přítoku a odtoku vodní nádrže Kružberk.....	34
7	Závěr.....	39
	Použité zdroje.....	40
	Seznam tabulek, grafů a obrázků.....	45
	Seznam příloh.....	47
	Přílohy.....	48

## 1 Úvod a cíl práce

Vodní nádrž Kružberk slouží jako odběrné místo povrchové vody určené pro úpravu na vodu pitnou. Vlastnosti této vody tedy musí být pečlivě sledovány, aby byla zvolena správná metoda pro úpravu na vodu pitnou. Pro vyhodnocení ukazatelů jsou pravidelně odebírány vzorky z odběrných profilů. V této práci se budeme věnovat především odběrným profilům: odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk, odběrný profil Kružberk – odtok, odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV. Samotné odběry provádí podniky: Povodí Odry, s.p. a SmVaK, a.s. Koncentrace jednotlivých ukazatelů jsou limitovány dle legislativy. Hodnoty přípustného znečištění povrchových vod řeší nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Limity ukazatelů jakosti surové vody stanovuje vyhláška č. 48/2014 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb.

Cílem této práce je popsat čtenáři, jakým způsobem probíhá monitoring vod, zároveň má přiblížit ukazatele, které se vyhodnocují a také jaké legislativy řeší jejich limitní množství. V této práci bude vyhodnocen vývoj objemu vody v nádrži Kružberk, také zvolené ukazatele jakosti vody určené pro odběr na ÚV Podhradí a chemické ukazatele na přítoku a odtoku vodní nádrže Kružberk.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. První teoretická část popisuje již zmíněnou legislativu a popis ukazatelů a jejich limity. Druhá část je rozdělena do tří podkapitol. V první podkapitole vyhodnocují objemy vod v nádrži Kružberk. Druhá podkapitola se věnuje jakosti vody v Kružberku a třetí podkapitola řeší vývoj chemických ukazatelů mezi odběrnými profily: odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk a odběrný profil Kružberk – odtok.



## 2 Pojem vodní dílo

Podle právního hlediska je pojem vodní dílo definováno zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), v paragrafu 55. Odstavec č. 1 tohoto paragrafu definuje pojem a vyjmenovává stavby, které vodním dílem jsou. Odstavec č. 2, nám říká, jaké stavby pod pojem vodní dílo nespádají. Paragraf č. 61 zákona 254/2001 Sb. rozděluje vodní díla z hlediska technickobezpečnostního dohledu do IV. kategorií. Tyto kategorie se odvíjejí podle závislosti na nebezpečí ohrožení lidských životů, možných škod na majetku a dalších kritérií [1].

Výše jmenovaný zákon vodní dílo definuje takto:

*„(1) Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem, a to zejména*

- a) přehrady, hráze, vodní nádrže, jezy a zdrže,*
- b) stavby, jimiž se upravují, mění nebo zřizují koryta vodních toků,*
- c) stavby vodovodních řadů a vodárenských objektů včetně úpraven vody, kanalizačních stok, kanalizačních objektů, čistíren odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizací,*
- d) stavby na ochranu před povodněmi,*
- e) stavby k vodohospodářským melioracím, zavlažování a odvodňování pozemků,*
- f) stavby, které se k plavebním účelům zřizují v korytech vodních toků nebo na jejich březích,*
- g) stavby k využití vodní energie a energetického potenciálu,*
- h) stavby odkališť,*
- i) stavby sloužící k pozorování stavu povrchových nebo podzemních vod,*
- j) studny,*

**k)** stavby k hrazení bystřin a strží, pokud zvláštní zákon nestanoví jinak,

**l)** jiné stavby potřebné k nakládání s vodami povolovanému podle § 8.

**(2)** Vodohospodářské úpravy jsou zemní práce a změny terénu v přirozených korytech vodních toků a na pozemcích sousedících s nimi, jimiž se podstatně mění přirozená koryta vodních toků a které jsou nezbytné k zajištění funkcí vodních toků.

**(3)** Za vodní díla se podle tohoto zákona nepovažují zejména jednoduchá zařízení mimo koryta vodních toků na pozemcích nebo stavbách k zachycení vody a k jejich ochraně před škodlivými účinky povrchových nebo podzemních vod, vodohospodářské úpravy, bezodtokové jímky, včetně přítokového potrubí, vnitřní vodovody a vnitřní kanalizace, vodovodní a kanalizační přípojky, průzkumné hydrogeologické vrty, pokud neslouží k odběru podzemní vody, další zařízení vybudovaná v rámci geologických prací a vrty k využívání energetického potenciálu podzemních vod, pokud nedochází k čerpání nebo odběru podzemních vod“ [1, § 55].

**Vodní nádrž** lze samostatně definovat dle ČSN 75 0120 jako prostor určený k akumulaci vody a k řízení odtoku, který je vytvořený vzdouvací stavbou na vodním toku, využitím prohlubní nebo ohrázováním části území [ČSN EN 75 0120], [2].

Obecně u vodních nádrží lze definovat funkce:

- zásobní (vodárenské, průmyslové, kompenzační).
- ochranné (retenční)
- energetická
- rybochovné
- asanační
- rekreační

Vlastní prostor vodní nádrže je členěn na prostor stálého nadržení, akumulační prostor a retenční prostor. Retenční prostor lze dále rozdělit na ovladatelný a neovladatelný.

### 3 Monitoring vod

Monitoring vod slouží ke sledování stavu a vlastností vod povrchových a podzemních. Výsledky těchto měření lze použít, v případě potřeby jako výstup pro návrh opatření pro dosažení dobrého stavu vod, nebo jako kontrola opatření již provedených. Monitoring většiny vod probíhá v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES [3]. V České republice pak plnění a upřesnění této směrnice zajišťuje zákon č. 254/2001 Sb. [1], nařízení vlády č.401/2015 Sb.[4] a vyhláška č.48/2014 Sb. [12].

Pravidelný monitoring je prováděn především na vodárenských nádržích a to správci těchto nádrží a vodárenskými společnostmi. Pro posouzení kvality vody v nádržích je nutné znát obsah látek ve vodě na přítoku do nádrže a látkové složení vody po procesech probíhajících v nádržích. Měřením na přítoku je v první řadě hodnocen přínos látek do nádrže vodním tokem. Podle toho lze klasifikovat roli povodí v utváření kvality vody v nádrži. Takto získané údaje nám říkají především transport látek za určitý čas. Tato data lze označit jako dynamická [5,6].

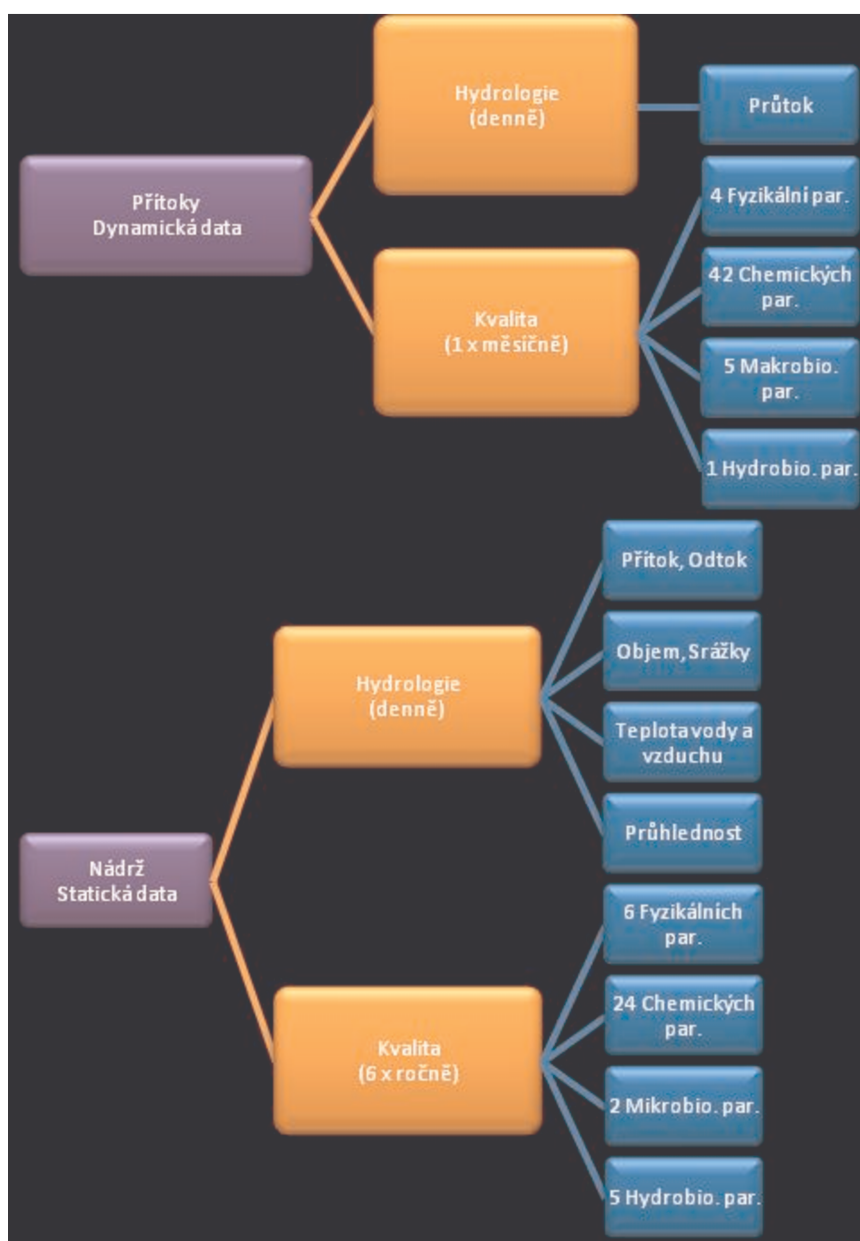
Jako statická data lze označit rozložení látek v objemu nádrže a výsledky či vývoj procesů v nádrži během roku. Pro tyto údaje je typické, že jsou vztahovány k jednotce objemu a jsou vázány do prostoru nádrže [5].

**Dynamická data** – Hydrologické údaje na přítoku jsou měřeny každý den buď automaticky na limnigrafu, nebo po odečtu rozdílů hladin v nádrži. Dále se odebírají vzorky bodové, u kterých se provádí laboratorní stanovení chemická, fyzikální, mikrobiologická a hydrobiologická. Tyto vzorky jsou odebírány ručně na předem stanovených profilech, které se vyskytují na významných přítocích vodní nádrže. Odběr vzorků pro analýzy se provádí 6-12 krát ročně v závislosti na významu nádrže [5].

**Statická data** – Hydrologické údaje jsou stejně jako u dynamických pravidelně měřena správcem, či obsluhou vodního díla. Díky kvalitním přístrojům se může část kvalitativních analýz provádět přímo na vodní nádrži. Tyto přístroje nám jako výstup poskytnou digitální signál. Ten umožňuje skoro okamžité vyhodnocení aktuálních poměrů na hladině i v hloubce. Tato měření probíhají na stálých vertikálách, kde probíhá sběr

informací v hloubce 1m. Pro vyhodnocení většiny parametrů je však nutné provést laboratorní stanovení. Z tohoto důvodu jsou na těchto vertikálách odebírány hloubkovým odběrákem vzorky pro laboratoře. Statická data se zajišťují mimořádnými monitoringy, dále se provádí průhlednost ledu 2 krát týdně a limnologická měření. Ta jsou velmi náročná, tudíž se provádí v menší míře 4 – 6 krát ročně [5].

Přehled monitoringu včetně míst odběru, četností a stanovovaných parametrů je znázorněn na obrázku 1.



Obrázek 1–Schéma dynamických a statických dat.

## 4 Jakost vod

Vodárenské nádrže slouží jako zdroj pitné vody pro lokality s velkým počtem obyvatel. Tyto nádrže jsou přesně vymezeny Vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 137/1999 Sb., kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásad pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů. Správou nádrží jsou obvykle pověřeny jednotlivé podniky povodí [7].

Ve smyslu § 30 zákona o vodách č. 254/2001 Sb. jsou kolem těchto nádrží vyhlášena ochranná pásma. Ochranné pásmo 1. stupně je vyhlášeno v nejbližším okolí vodní nádrže a obvykle je vstup do tohoto pásma zakázán. Ochranné pásmo 2. stupně na něj obvykle navazuje a není již tak přísné [1].

Kvalita vody podléhá přísným kritériím. Jakost vody v přítocích je hodnocena dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a přípustných hodnotách znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Vybrané ukazatele jsou uvedeny na následující tabulce [4].

**Tabulka 1- hodnoty přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb. [4].**

Ukazatel	Jednotka	Přípustné znečištění
		roční průměr
Reakce vody	pH	5-9
Teplota	°C	29*
CHSK <sub>Cr</sub>	mg.l-1	26
BSK <sub>5</sub>	mg.l-1	3,8
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg.l-1	5,4
Nc	mg.l-1	6
P <sub>celk</sub>	mg.l-1	0,15
N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l-1	0,23

V místě odběru na úpravnu vod je jakost hodnocena dle Vyhlášky č.48/2014 Sb.[8], kterou se mění vyhláška č. 428/2001[9], kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů [10].

Zdroje pitné vody jsou dle výše uvedené vyhlášky č. 48/2014 Sb. rozděleny do tří kategorií, pro které jsou uvedeny standardní metody úpravy surové vody. Rozdělení do kategorií se provádí na základě jakosti surové vody, kdy pro každou kategorii jsou stanoveny mezní hodnoty. V tabulce 1 jsou uvedeny vybrané ukazatele [8].

Kategorie A1 představuje jednoduchou úpravu surové vody zahrnující procesy - snížení agresivity (chemické nebo mechanické odkyselování), odstranění pachu (provzdušnění), odstranění nerozpuštěných látek, (prostá filtrace) [8].

Kategorie A2 vyžaduje jednodušší úpravu, jako je koagulační filtrace, jednostupňové odželezňování, odmanganování nebo infiltraci, pomalou biologickou filtraci, úpravu v horninovém prostředí a to vše s koncovou dezinfekcí. Pro zlepšení vlastností je vhodná stabilizace vody [8].

Kategorie A3 představuje úpravu dvou, či více stupňovou, zahrnující číření, filtraci, oxidaci, odželezňování, odmanganování, filtraci a koncovou dezinfekci. Dále se může využívat aktivní uhlí, pomocné flokulanty [8].

U vyšších kategorií je možné vodu odebírat pro výrobu pitné vody a to jen na základě výjimky udělené vodoprávním úřadem. V tomto případě se pak volí technologicky náročnější postupy [8].

**Tabulka 2 – ukazatele jakosti surové vody [8].**

Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
		M	M	M
Reakce vody	pH	6,5-9,5	-	-
Teplota	°C	20 (O)	25 (O)	25 (O)
CHSK <sub>Mn</sub>	mg.l-1	3	10	15
BSK <sub>5</sub>	mg.l-1	3	5	7
Dusičnany	mg.l-1	50	50	50
N <sub>c</sub>	mg.l-1	-	-	-
N – NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l-1	0,5	1	3 (O)
Fosforečnany	mg.l-1	-	-	-

Vysvětlivky: M- mezní, povinné hodnoty, (O) – výjimečné klimatické a geografické podmínky.

Po úpravě vod musí pitná voda splňovat limity pro pitné vody dle vyhlášky č. 83/2014 Sb., kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. Vybrané ukazatele jsou uvedeny v následující tabulce [11,12].

**Tabulka 3 – limity pro pitné vody[12].**

Ukazatel	Jednotka	LIMIT	
Reakce vody	pH	6,5-9,5**	MH
Teplota	°C	8-9	
CHSK <sub>Mn</sub>	mg.l-1	3	MH
NO <sub>3</sub>	mg.l-1	50	NMH
NO <sub>2</sub>	mg.l-1	0,5*	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l-1	0,5	MH

Vysvětlivky: NMH - nejvyšší mezní hodnota, MH – Mezní hodnota, \*obsah dusitanů v pitné vodě na výstupu z úpravny musí být nižší než 0,1 mg/l, \*\* - posuzování agresivity se provádí dle TNV 757 121 Požadavky na jakost vod dopravované potrubím.

## 4.1 Teplota

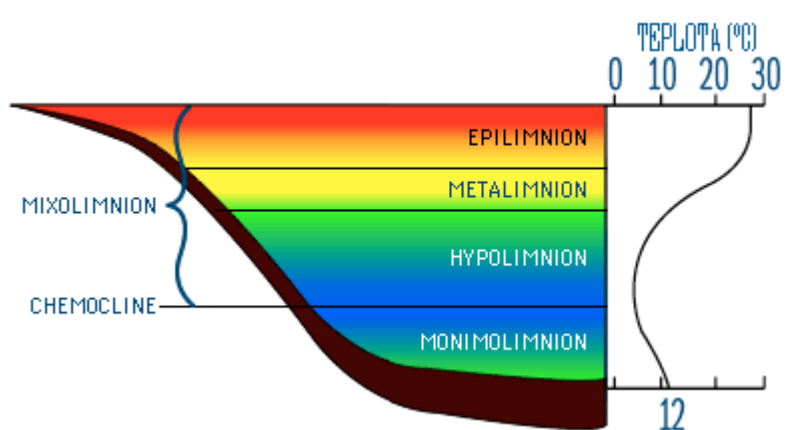
Teplota je jedním z významných ukazatelů jakosti vod. Výrazně ovlivňuje chemickou a biochemickou reaktivitu přírodních i užitkových vod a to i v malém teplotním rozmezí. Obecně lze říci, že čím je teplota nižší, tím pomaleji probíhají chemické a biochemické reakce. V teplotním rozmezí blízko 0°C, probíhají chemické reakce pomalu, nebo vůbec neprobíhají [13].

Údaj o teplotě je důležitým aspektem také při výpočtu vápenato-uhličitanové rovnováhy, agresivity vod nebo rozpustnosti plynů a tuhých látek, také se používá při stanovování biochemické spotřeby kyslíku. Teplota má vliv také na život a reprodukci ryb, jak už kvůli rozpustnosti kyslíku ve vodě, tak i podmínkám, které jsou pro různé typy ryb a živočichů rozdílné. Mezní hodnota surové vody odebírané pro úpravu na vodu pitnou se nachází mezi 15°C – 25°C [13].

Pro povrchové vody je dle nařízení vlády č. 401/2015 stanovena přípustná hodnota maximální 29 °C, (roční průměr)[4]. Pro pitné vody je dle Vyhlášky č. 83/2014 Sb. stanovena doporučená hodnota v rozmezí 8 až 12°C [12].

### Teplota vody v nádrži

Teplota vody souvisí se změnou hustoty vody a s tím spojenou „cirkulací“ a „stagnací“ v nádržích. Teplota vody v nádrži není stejná v celém objemu. Podle vzniklých objemových útvarů lze předurčit procesy, podílející se na vývoji kvality vody. Na počátku letního období se v hlubších nádržích vytváří tzv. letní teplotní stratifikace. Tento úkaz je spojen s rozdílným prohříváním vody v různém spektru hloubky nádrže a s poklesem její hustoty s narůstající teplotou. V důsledku tohoto jevu se utváří dvě samostatné vrstvy a to epilimnium, které se nachází u hladiny a hypolimnium, které se nachází nade dnem. Mezi těmito vrstvami se nachází vrstva třetí, takzvaná skočná vrstva. Ta se odborně nazývá metalimnion. V každé vrstvě můžeme najít rozdílné obsahy látek, například kyslíku, manganu, dusitanů, fosforu aj. [5,14].



Obrázek 2 – Schéma rozložení teplotních vrstev v letním období.



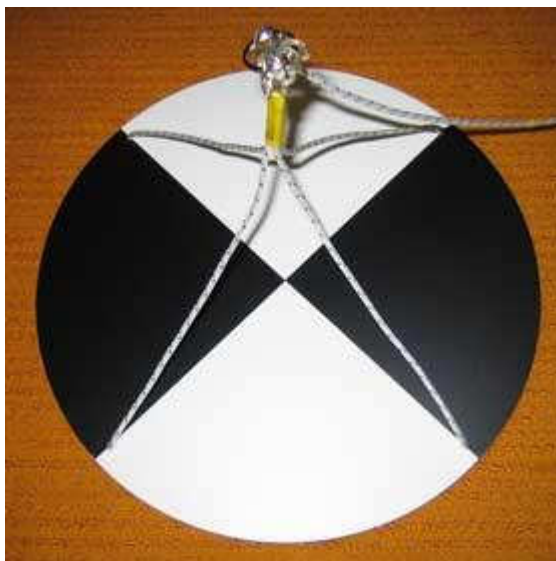
## 4.2 Průhlednost vody u hráze

Měření průhlednosti slouží především k ověření dobrého stavu vody. V případě, že je průhlednost viditelnost nízká, mohou na to mít vliv různé skupiny organismů nebo anorganický zákal, jenž může být způsoben zvrácením sedimentů či přivaly. Zákal vody nám poukazuje na horší kvalitu vody a možný problém s budoucí úpravou surové vody na vodu pitnou. Na průhlednost mají vliv [5]:

- a) anorganické, jílovité částice
- b) výskyt bakterioplanktonu, fytoplanktonu a organickými zbytky rozložené vegetace.

Nejen problémy s úpravou surové vody, ale také tento ukazatel může značně omezit rekreaci na dané vodní nádrži. „Průhlednost se pohybuje od několika decimetrů na letních eutrofizovaných nádržích, až po šesti-sedmimetrové hodnoty na horských nádržích v době podzimní cirkulace“[5]. Dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 238/2011 Sb., je pro vodu jako limitní hodnota průhlednosti stanovena hodnota 100 cm. [15].

Průhlednost se měří dvakrát týdně, v období 1. března až 31. října. Dle dostupných prostředků se tento ukazatel měří buďto z loďky, nebo z vhodného místa. K měření se používá jednotně upravená Secciova deska, která má tvar kotouče s dvěma bílými a dvěma černými kvadranty. Tato deska je zavěšena na kalibrované desetimetrové šňůře, pomocí které odečítáme hloubku, kdy už kotouč není vidět. Výsledná hodnota je průměrem třech měření, ze kterých byla vypočtena. Pro měření je ideální stín, jelikož zde není odlesk hladiny, který by mohl výslednou hodnotu zkreslit. Zákal může ovlivňovat oživení, produkční procesy i biologický režim nádrže, proto je rozlišujeme na dva typy [5].



Obrázek 3– Secchiho deska.

### 4.3 Hodnota PH

Hodnota pH je záporný dekadický logaritmus aktivity iontů  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Je jedním z údajů, ke kterým se přihlíží při posuzování agresivity vody a který ovlivňuje účinnost procesů, které probíhají na čistírnách a úpravnách vod. Hodnota pH velmi ovlivňuje biologické a chemické procesy ve vodách a tudíž je mimořádně důležitým ukazatelem jakosti vod. Podle pH můžeme rozlišit jednotlivé formy u některých prvků, jako je např. agresivita vody. Hodnota pH ovlivňuje také účinnost většiny chemických, fyzikálně chemických a biologických procesů, které se používají při úpravě a čištění odpadních vod, jako například koagulaci, sorpci, oxidaci, redukci, nitrifikaci, denitrifikaci, aerobní a anaerobní biologický rozklad [5,16].

Ve vodě se vyskytují vodíkové ionty  $\text{H}^+$  nebo hydroxidové ionty  $\text{OH}^-$ . Obsah těchto iontů rozhoduje o reakci vody, která je buď kyselá, alkalická nebo neutrální. Pokud voda reaguje kyselou reakcí, znamená to vysoký obsah vodíkových iontů  $\text{H}^+$ . Pokud voda reaguje naopak, je ve vodě přebytek  $\text{OH}^-$  iontů. Hodnota pH může nabýt hodnot od 1 do 14 pH. Nižší hodnoty na této stupnici indikují kyselost vody, vyšší naopak zásaditost vody. Za neutrální hodnotu se považuje pH kolem 7. U přírodních povrchových vod se vyskytují hodnoty pH obvykle mezi 3,5 až 11 [5,16].

O výsledné hodnotě pH rozhodují různé faktory jako například poloha toku či nádrže, chemické a biologické procesy, ale také podloží. Nádrže na začátcích toků nebo v horských oblastech, mívají hodnotu pH nižší, díky huminovým kyselinám z rašelinišť. Tyto vody také nejsou často ještě znečištěny odpadními vodami. Pokud se ale tok nachází na vápencovém podloží, lze u něj očekávat hodnoty pH vyšší. U vodních nádrží může docházet ke změnám pH regulací obsahu oxidu uhličitého. Při fotosyntéze zelenými řasami může dojít k nárůstu pH v epilimniu, k hodnotám 10 pH a výš. V opačné vrstvě (Hypolimniu) může hodnota pH klesat pod 6 pH. Toto se děje díky anaerobním procesům, při kterých roste koncentrace oxidu uhličitého. Pro orientační stanovení hodnoty pH, se používají indikátorové papírky. Přesná hodnota pH se stanoví pomocí pH metrů. pH metry jsou tranzistorové milivoltmetry s vysokým vstupním odporem. [4,5,16,17].

Pro povrchové vody jsou stanoveny přípustné hodnoty pH na 5-9 ročního průměru. Pro pitné vody je pak určena mezní hodnota 6,5-9,5. Lze připustit hodnoty i nižší, jako jsou balené vody nasycené oxidem uhličitým [4,12].

#### 4.4 Dusíkaté látky

Spolu s fosforem patří do skupiny nutrientů, potřebných pro růst a vývoj mikroorganismů. Ve vodách se vyskytují jak v organické, tak anorganické formě. Organickou formu představují např. bílkoviny, močovina a aminokyseliny. Zdrojem dusíkatých látek ve vodách může být jak přirozený rozklad organických látek, tak splachy z půd, vypouštění odpadních vod [13].

**Dusitany** se většinou ve vodách vyskytují spolu s dusičnany a amoniakálním dusíkem. Ve většině případů je nacházíme v nízkých koncentracích, díky jejich chemické a biochemické nestabilitě. Toto probíhá díky procesu nitrifikace, kdy dusitany jsou rychle transformovány na dusičnany. Podmínkou tohoto procesu je oxické prostředí [13].

##### **Dusičnany**

Dusičnany jsou finálním produktem rozkladu vázaného dusíku. Hlavními zdroji znečištění jsou kromě hnojiv i odpadní vody z čistíren odpadních vod. Dalším zdrojem jsou poté atmosférické srážky nebo probíhající nitrifikace ve vodách. V povrchových vodách souvisí obsah dusičnanů se stupněm eutrofizace a taktéž patří mezi zvláštní

ukazatele chemického složení povrchových vod, podle nichž se povrchové vody řadí do tříd čistoty [18].

**Amoniakální dusík** je produktem rozkladu organických látek. Ve vodě se nachází ve dvou formách – disociované formě ( $\text{NH}_4^+$ ) a nedisociované formě ( $\text{NH}_3$ ). Poměr jejich zastoupení je ovlivňován teplotou a pH vody. Při pH menším než 8 převažuje forma  $\text{NH}_4^+$ , při pH = 9,3 a teplotě 20°C je v poměru 1:1 a při hodnotách pH větších než 10 je převažuje nedisociovaná forma [19].

Pro povrchové vody je stanovena hodnota přípustného znečištění  $\text{N}_c$  6 mg/l, 0,23 mg/l  $\text{N-NH}_4^+$  a 5,4 mg/l  $\text{N-NO}_3^-$  [12]. U pitných vod je mezní hodnota 0,5 mg/l  $\text{NH}_4^+$ , nejvyšší mezní hodnota 50 mg/l  $\text{NO}_3^-$  a nejvyšší mezní hodnota 0,5 mg/l  $\text{NO}_2^-$  [4].

#### 4.5 Fosfor

Fosfor spolu s dusíkem patří mezi nutriety, jako základní prvky všech živých systémů. Ve vodě se vyskytuje v rozpuštěné nebo nerozpuštěné formě. A to jako anorganicky nebo organicky vázaný:

- nerozpuštěný anorganicky vázaný fosfor je vázán chemicky nebo sorpčně na organický nebo anorganický materiál (sedimenty).
- rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor je přijatelný pro fytoplankton ve formě jednoduchých a komplexních orthofosforečnanů, polyfosforečnanů, apod.

Do vod se dostává z přírodních a antropogenních zdrojů. Přírodními zdroji jsou některé minerály. K antropogenním zdrojům se řadí zejména hnojiva, odpadní vody např. z prádel a čistíren odpadních vod [13].

Fosfor se řadí k prvkům, které se podílí na eutrofizaci vod neboli „kvetení nádrží“. Tento proces lze definovat jako soubor „přírodních a uměle vyvolaných procesů, vedoucích ke zvyšování obsahu anorganických živin (nutrientů), zejména fosforu a dusíku. Je to přírodní děj, jenž v důsledku lidské činnosti přesáhl své přirozené meze a stal se tak celosvětovým problémem“ [16,20].

U fosforu ve vodách akumulovaných ve vodní nádrži, můžeme předpokládat jeho stratifikaci. Koncentrace se v průběhu roku mění, s hloubkou se tato koncentrace zvětšuje. Dále dochází k:

- ukládání do sedimentů
- část spotřebována v potravním řetězci
- část vyloučena ze sedimentů zpět do vody [21].

„Masový rozvoj řas, který působí zejména u vodárenských povrchových zdrojů problémy v technologii úpravy vody, znehodnocují finální produkt – pitnou vodu – a působí hygienické závady i při její distribuci v rozvodných sítích.“ [13].

Přípustné množství celkového fosforu v povrchových vodách je podle Nařízení vlády 401/2015 Sb. 0,15 mg.l-1 [4].

#### 4.6 Organické látky

Organické látky ve vodách lze rozdělit na lehce rozložitelné, obtížně rozložitelné, nerozložitelné a biologicky stabilní. Ke stanovení se používají metody stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK) a biochemické spotřeby kyslíku (BSK) [13,21,22].

U CHSK se stanovuje množství oxidačního činidla, které se spotřebuje na oxidaci organických látek. Výsledné hodnoty se následně přepočítávají na tzv. kyslíkové ekvivalenty. Ty se udávají v mg/l [13].

Jako oxidační činidlo se v dnešní době používá dichroman draselný ( $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ ) a manganistan sodný ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ). Dichroman draselný se nejčastěji používá při analýze povrchových a odpadních vod. Manganistan pak u analýzy pitných vod [13].

Ukazatel CHSK je limitním prvkem pro pitné vody – mezní hodnota  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  3 mg/l [12]. U povrchových vod je přípustná hodnota  $\text{CHSK}_{\text{Cr}}$  26 mg/l [4].

V přírodních vodách probíhá samočištění na základě aerobních biologických procesů. Bakterie, které jsou organotrofní, využívají jako zdroj energie či živin organické látky. Část těchto látek, které jsou organické, je biochemicky oxidována na  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Ke tvorbě nové biomasy ze zbylých částí organických látek se používá takto dříve vzniklá energie [13].

Pětidenní biochemická spotřeba kyslíku ( $BSK_5$ ), uváděná v  $mg.l^{-1}$ , je používána jako hodnota koncentrace biologicky rozložitelných látek. „Je definovaná jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek biochemickou oxidací organických látek ve vodě“ [13,23].

Pro povrchové vody je stanovena přípustná koncentrace  $BSK_5$  na  $3,8 mg/l$  [4].

Na rozdíl od CHSK ukazatel BSK vyjadřuje znečištění vod biologickými rozložitelnými látkami. CHSK představuje znečištění biologicky rozložitelných i nerozložitelných látek [13].

## 5 Charakteristika Vodní nádrže Kružberk.

Vodní nádrž Kružberk se nachází na řece Moravici. Řeka Moravice pramení v Hrubém Jeseníku a je rozlohou čtvrtým největším tokem, který spadá pod povodí Odry. Řeka pramení zhruba 3 km jižně od Pradědu ve velkém kotli, který je 1134 m n.m. Délka řeky Moravice činí 99,1 km a na konci se vlévá do řeky Opavy. Z celkové délky řeky tvoří 20,6 km zatopení vodních nádrží, které se na ní nacházejí. Slezská Harta 12,9 km a nádrž Kružberk 7,7 km [24].

„První zprávy o plánu výstavby přehrady jsou datovány k roku 1903. Motivací byly velké škody při povodních v povodí Odry v letech 1902 či 1903. Traduje se, že u prvních úvah a průzkumů se pohyboval význačný továrník a podnikatel Carl Weissshuhn, který v údolí Moravice rozvíjel své podnikání. V letech 1909 až 1911 byla vytvořena skupina odborníků, která vypracovala návrhy a další materiály pro stavbu přehrady pro Zemskou vládu ve Slezsku. Stavba však již nebyla realizována, vypukla první světová válka. „ [25, 16].

V letech 1930 – 1932 byl vypracován projekt přehrady. Z důvodů přednosti nákladné a naléhavé investice státu do opevnění hranic, nakonec nebyla možnost přehradu realizovat do konce 30. Let, jak bylo původně v plánu. Po II. Světové válce, konkrétně roku 1948, se začalo se stavbou díla tím, že jako první byla vybudována komunikace k místu stavby. Po stavebních úpravách byla v roce 1951 vykopána jámka pro přehradní betonovou zeď. Betonování spodních bloků bylo zahájeno v roce 1952. V květnu 1954, i přes probíhající betonáž přehradní zdi, bylo započato s nadržováním vody, jelikož léto toho roku bylo velmi suché. Dokončením železobetonové konstrukce koruny byla roku 1955 stavba hráze završena. Tato vodní nádrž byla vybudována mezi lety 1948 a 1955. Ve své době se pyšnila titulem první údolní nádrže v povodí Odry. Původní účel této hráze byl přeměňovat potenciál řeky Moravice na elektrický proud a také nadlepšovat průtoky v řece pod přehradou. Z tohoto účelu se ale z důvodů rostoucí potřeby pitné vody ustoupilo a nakonec přehrada plní funkci zásobárny surové vody pro úpravnu vody ve Vítkově Podhradí. Celkově tedy přehrada Kružberk spolu s přehradou Slezská Harta, s níž tvoří kaskádu, má za úkol zajišťovat dodávku surové vody pro úpravnu vody v dostatečném množství, kvalitě, nadlepšování průtoků na

řekách Moravici, Opavě a Odře a vytvoření lepších podmínek pro život v nich a umožnění průmyslových odběrů z nich [25, 16].

Pro dodávání surové vody do úpravní v Podhradí slouží tlakový přivaděč délky 6,6 km o průměru 2.4 m. Na konci tohoto potrubí je kromě odběru instalována i elektrárna s instalovaným výkonem 7 MW. Tato elektrárna slouží ke krytí krátkodobých velkých přírůstků zatížení sítě, též řečeno špičky. Kromě této elektrárny se na nádrži nachází další dvě turbíny, které mohou generovat 2 x 100 kW elektrické energie. Další významnou funkcí celé kaskády je rozložení povodňové. Stoletá voda je zde snížena z 257m<sup>3</sup>/s na 50m<sup>3</sup>/s [25,26,27].

Hráz vodní nádrže je tvořena betonem a její objem je 92 700 m<sup>3</sup>. Hráz je založena do skalního podloží, které se skládá ze slepenců, břidlic a drob. Podloží je utěsněno jednořadou injekční clonou na hloubku 25 – 30 m. Pro bezpečný provoz jsou do hráze a jejího okolí instalována zařízení pro sledování deformací a pohybu bloků hráze, účinnosti drenážních vrtů, průsakových množství do hrázových chodeb a další [25,26].

V blízkosti hráze se nachází ještě sypaná zemní hráz na pravostranném přítoku Lobník. Tato hráz je 19,6 m vysoká a slouží k zachycení splavenin [26,28].



**Tabulka 4- Základní technické údaje [26].**

Povodí nádrže	567 km <sup>2</sup>
Délka hráze v koruně	280 m
Max. výška hráze	34,5 m
Celkový objem nádrže	35,5 mil. m <sup>3</sup>
Zásobní objem nádrže	24,6 mil. m <sup>3</sup>
Retenční objem nádrže	6,9 mil. m <sup>3</sup>
Stálý objem nádrže	4,0 mil. m <sup>3</sup>
Délka záplavy	9,0 km
Šířka záplavy	0,5 km
Zatopená plocha	280 h
Zaručený odtok	1,5 m <sup>3</sup> /s



**Obrázek 4 – Mapa povodí Odry a umístění vodní nádrže Kružberk.**

## 5.1 Vodní nádrž Lobník.

Vodní nádrž Lobník na stejnojmenném potoku Lobník, slouží k zachytávání splavenin a splachů z okolních polí a lesů. Nádrž se nachází přibližně 3,5 km od vesnice Budišov nad Budišovkou a jedná se o nádrž sypanou. Materiál, ze kterého je nádrž zhotovena, se použil z okolní krajiny a jedná se o zvětralou suťovou břidlici, která byla smíchána s hlínou. Hráz je vysoká 19,6 m a dlouhá 206,5 m. Objem použitého materiálu na vybudování hráze činí 190 000 m<sup>3</sup>. Hráz byla vybudována zároveň s výstavbou vodní nádrže Kružberk. Plocha nádrže je přibližně 10ha a objem zdržené vody činí 1,22 mil m<sup>3</sup> vody. Na pravé straně hráze se nachází vtokový objekt, který tuto hráz spojuje s vodní nádrží Kružberk. Vedle tohoto objektu je i nouzový přeliv. Výška hladiny vody se v této nádrži nachází přibližně od 2 m výše než hladina ve vodní nádrži Kružberk [28].



Obrázek 5 – Umístění vodní nádrže Lobník.

## **6 Vyhodnocení Vývoje objemů a chemismu vod vodní nádrže Kružberk**

V rámci bakalářské práce byly vyhodnocovány vývoje objemů, výšky hladin, zatopené plochy, výparu a odtoků vodní nádrže Kružberk. Dále byly vyhodnocovány chemické ukazatele jako je teplota, pH, CHSK<sub>cr</sub>, BSK<sub>5</sub>, N-NO<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub> a fosfor.

Pro vyhodnocení byla použita zdrojová data Povodí Odry za období 2006 až 2014 a Severomoravských vodáren a kanalizací, kde data zpracovává Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka za období 2006 až 2011. Chemická část je rozdělena na dvě podkapitoly a to Chemismus na odběrném profilu Slezská Harta a Chemismus na odběrném místě ÚV Podhradí.

## 6.1 Objemy

V této kapitole je věnována pozornost vývoji objemů na vodní nádrži Kružberk. Jako ukazatele byly použity: velikost zatopené plochy, vývoj výšky hladiny aj. Tyto data byla zpracována jak do tabulek tak i graficky pro větší přehled. Hodnoty vybraných ukazatelů byly vždy odečteny 1. den v měsíci.

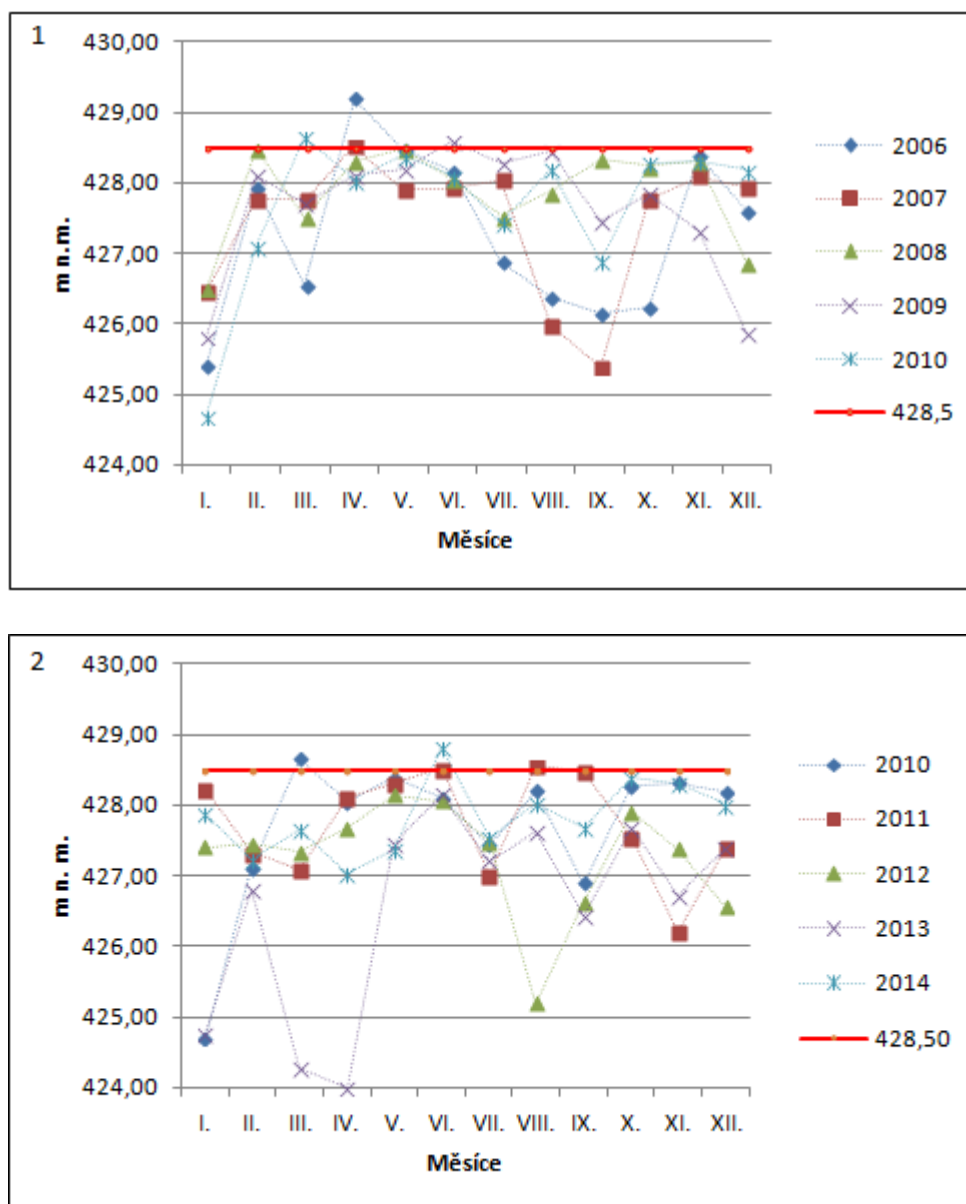
Vývoj hladin za období 2006 až 2010 je shrnut v tabulce č. 5. Za období 2010 až 2014 se nachází v tabulce č. 6. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty, které ukazují odchylku skutečné hodnoty od hladiny, která odpovídá maximální hladině zásobního prostoru.

**Tabulka 5 - Rozdíl výšek hladin od zásobní kóty nádrže za období 2006-2010.**

Rozdíl kót hladin k 1. dni měsíce od maximální kóty. (m n. m.)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2006	-3,09	-0,56	-1,95	0,70	-0,01	-0,33	-1,60	-2,13	-2,36	-2,26	-0,12	-0,89
2007	-2,05	-0,74	-0,74	0,01	-0,60	-0,58	-0,45	-2,52	-3,12	-0,74	-0,41	-0,56
2008	-2,00	-0,03	-0,99	-0,19	-0,03	-0,44	-0,97	-0,63	-0,17	-0,26	-0,20	-1,64
2009	-2,69	-0,39	-0,78	-0,40	-0,32	0,08	-0,22	-0,04	-1,05	-0,65	-1,18	-2,64
2010	-3,80	-1,39	0,15	-0,45	-0,11	-0,40	-1,06	-0,30	-1,60	-0,22	-0,19	-0,32

**Tabulka 6 – Rozdíl výšek hladin od zásobní kóty nádrže za období 2010-2014.**

Rozdíl kót hladin k 1. dni měsíce od maximální kóty. (m n. m.)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2010	-3,80	-1,39	0,15	-0,45	-0,11	-0,40	-1,06	-0,30	-1,60	-0,22	-0,19	-0,32
2011	-0,28	-1,17	-1,42	-0,39	-0,18	0,02	-1,51	0,05	-0,02	-0,97	-2,30	-1,10
2012	-1,09	-1,05	-1,16	-0,83	-0,36	-0,44	-1,03	-3,30	-1,88	-0,60	-1,12	-1,94
2013	-3,74	-1,70	-4,22	-4,50	-1,05	-0,35	-1,29	-0,88	-2,07	-0,82	-1,78	-1,10
2014	-0,63	-1,26	-0,84	-1,48	-1,12	0,31	-0,95	-0,48	-0,82	-0,10	-0,20	-0,49



**Graf 1– Rozdíl výšek hladin od zásobní kóty nádrže za období 2006-2010(1) a 2010-2014(2).**

Na grafech můžeme vidět, že výška hladiny nebyla nijak extrémně překročena. V letech 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 a 2013 však můžeme vidět, že v prvním měsíci se hladina pohybovala výrazně pod průměrem. Taktéž u letních měsíců můžeme vidět nižší dosahované hodnoty. Oranžová přímka značí maximální kótu zásobního prostoru.

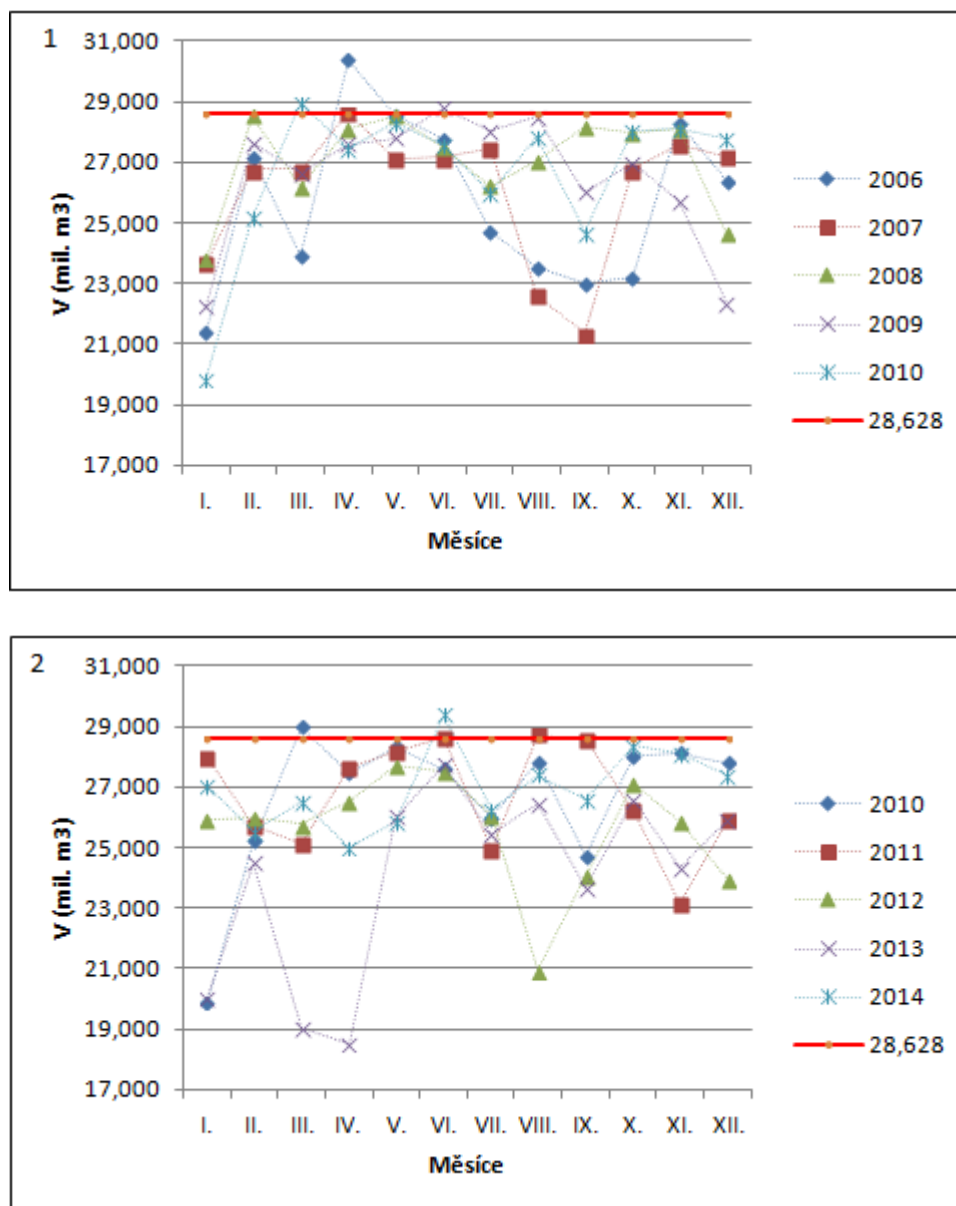
Vývoj objemů nádrže za období 2006 až 2010 je shrnut v tabulce č. 7. Za období 2010 až 2014 se nachází v tabulce č. 8. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty, které ukazují odchylku skutečné hodnoty od maximálního objemu zásobního prostoru.

**Tabulka 7- Rozdíl objemů nádrže od zásobního objemu za období 2006-2010**

Rozdíl objemu vody k 1. dni měsíce od zásobního objemu. (mil. m <sup>3</sup> )												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2006	-7,24	-1,42	-4,71	1,76	-0,05	-0,85	-3,91	-5,12	-5,64	-5,41	-0,33	-2,22
2007	-4,94	-1,86	-1,86	0,00	-1,52	-1,47	-1,15	-5,99	-7,30	-1,86	-1,05	-1,42
2008	-4,83	-0,11	-2,46	-0,51	-0,11	-1,13	-2,42	-1,59	-0,46	-0,68	-0,53	-4,00
2009	-6,37	-1,00	-1,96	-1,03	-0,83	0,17	-0,58	-0,13	-2,61	-1,64	-2,92	-6,26
2010	-8,73	-3,41	0,35	-1,15	-0,31	-1,03	-2,63	-0,78	-3,91	-0,58	-0,51	-0,83

**Tabulka 8- Rozdíl objemů nádrže od zásobního objemu za období 2010-2014.**

Rozdíl objemu vody k 1. dni měsíce od zásobního objemu. (mil. m <sup>3</sup> )												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2010	-8,73	-3,41	0,35	-1,15	-0,31	-1,03	-2,63	-0,78	-3,91	-0,58	-0,51	-0,83
2011	-0,64	-2,89	-3,48	-1,00	-0,48	0,02	-3,70	0,10	-0,08	-2,42	-5,50	-2,73
2012	-2,70	-2,61	-2,87	-2,08	-0,93	-1,13	-2,56	-7,68	-4,55	-1,52	-2,77	-4,69
2013	-8,61	-4,14	-9,59	-10,15	-2,61	-0,90	-3,18	-2,20	-4,98	-2,05	-4,32	-2,73
2014	-1,59	-3,11	-2,10	-3,62	-2,77	0,76	-2,37	-1,22	-2,05	-0,28	-0,53	-1,25



Graf 2-Vývoj objemu nádrže v letech 2006-2010 (1) a 2010-2014(2).

Vývoj hodnot objemu koresponduje s vývojem hladiny. Na grafech, které znázorňují vývoj objemu nádrže v letech 2006 až 2014, můžeme vidět podobný vývoj, jako v případě hladin. Extrémy se i zde nacházejí v prvním měsíci a poté v letních měsících. Další extrémní odchylka se vyskytuje ve třetím a čtvrtém měsíci roku 2013. Oranžová přímka zde značí maximální objem zásobního prostoru.

Vývoj zatopené plochy za období 2006 až 2010 je shrnut v tabulce č. 9. Za období 2010 až 2014 se údaje nachází v tabulce č. 10. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty, které ukazují odchylku skutečné hodnoty od hodnoty zatopené plochy, která odpovídá maximální hladině nádrže.

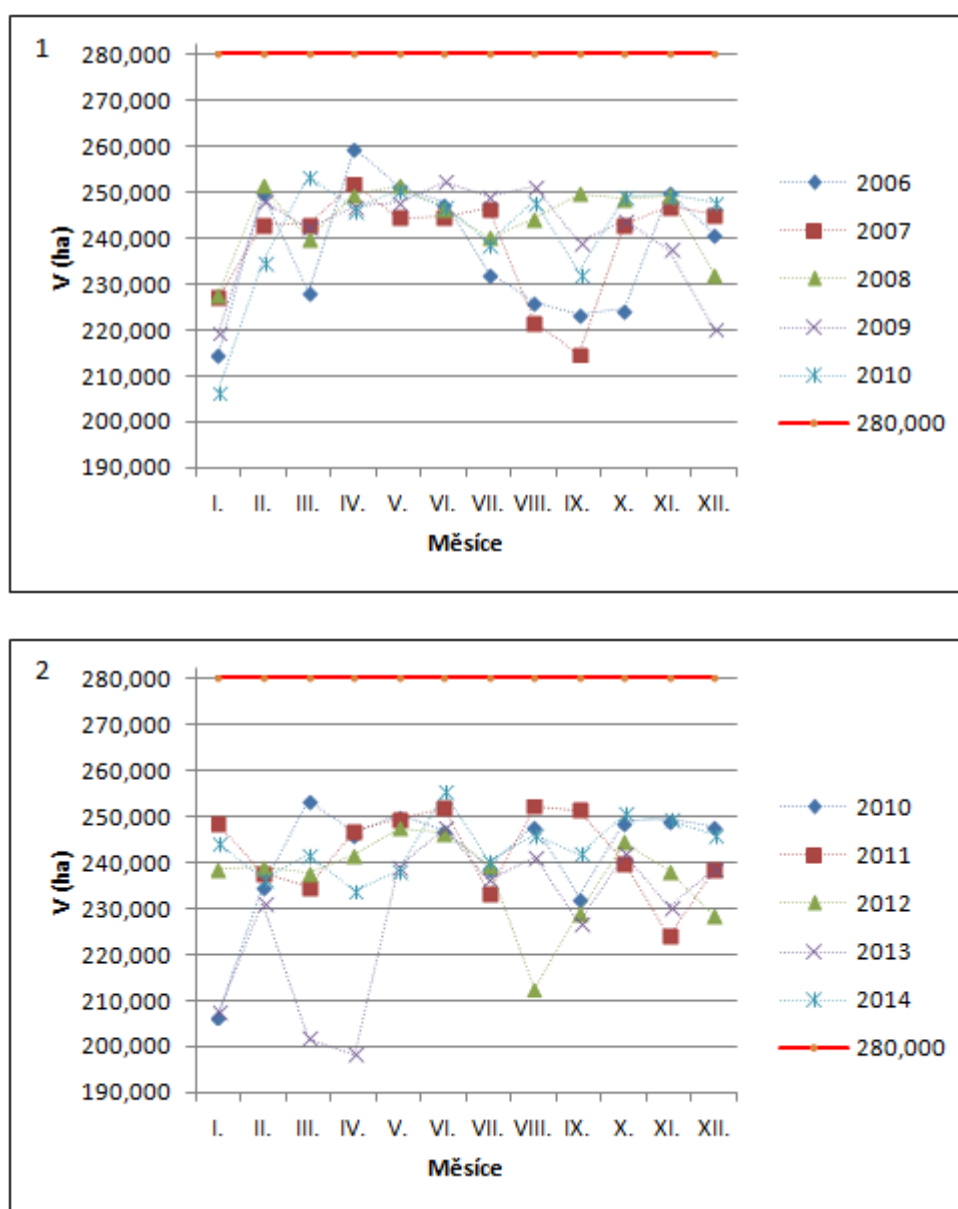
**Tabulka 9 - Rozdíl zatopené plochy od maxima z období 2006-2010.**

Rozdíl zatopené plochy k 1. dni měsíce od maxima. (ha)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2006	-65,20	-30,00	-51,70	-20,50	-28,70	-32,30	-47,50	-53,90	-56,60	-55,40	-29,90	-39,00
2007	-53,01	-37,19	-37,19	-28,23	-35,50	-35,26	-33,70	-58,53	-65,40	-37,19	-33,22	-35,02
2008	-52,41	-28,70	-40,22	-30,60	-28,70	-33,58	-39,98	-35,86	-30,36	-31,43	-30,72	-48,09
2009	-60,49	-31,98	-37,67	-33,10	-32,14	-27,71	-30,95	-28,82	-40,94	-36,10	-42,52	-59,92
2010	-73,22	-45,07	-26,58	-33,70	-29,65	-33,10	-41,07	-31,91	-47,61	-30,95	-30,60	-32,14

**Tabulka 10- Rozdíl zatopené plochy od maxima za období 2010-2014.**

Rozdíl zatopené plochy k 1. dni měsíce od maxima. (ha)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2010	-73,22	-45,07	-26,58	-33,70	-29,65	-33,10	-41,07	-31,91	-47,61	-30,95	-30,60	-32,14
2011	-31,67	-42,40	-45,43	-32,98	-30,48	-28,11	-46,52	-27,76	-28,58	-39,97	-55,96	-41,55
2012	-41,43	-40,94	-42,28	-38,28	-32,62	-33,58	-40,70	-67,45	-50,98	-35,50	-41,79	-51,69
2013	-72,52	-48,81	-78,23	-81,70	-40,94	-32,50	-43,86	-38,88	-53,24	-38,16	-49,78	-41,55
2014	-35,86	-43,49	-38,40	-46,16	-41,79	-24,71	-39,73	-34,06	-38,16	-29,53	-30,72	-34,18





Graf 3- Vývoj zatopené plochy v letech 2006-2010(1) a 2010-2014(2).

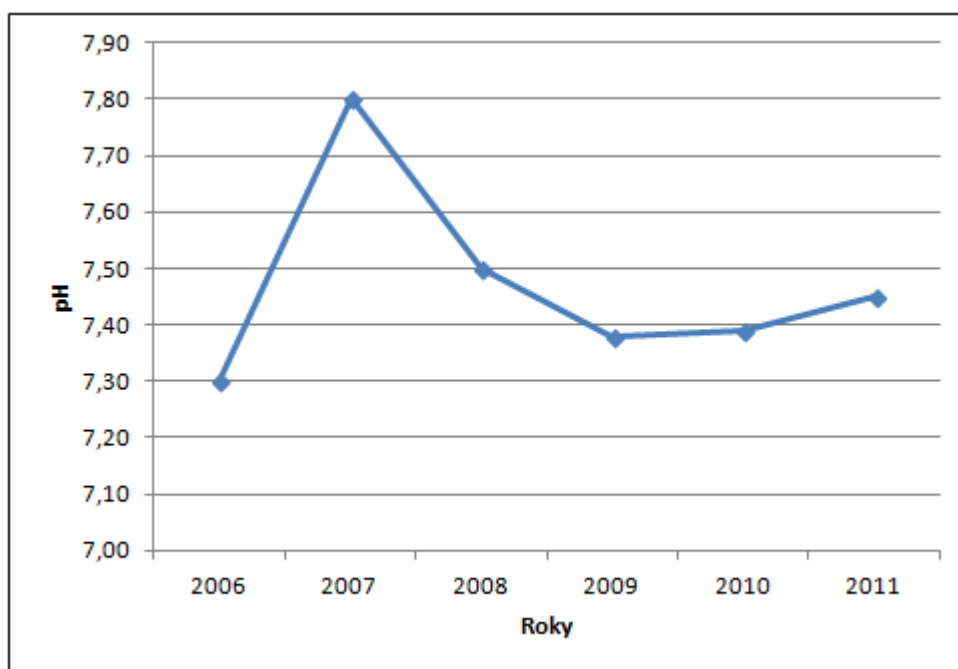
Z grafu vývoje zatopené plochy můžeme vidět, že v rozmezí let 2006 až 2014 nedošlo k dosažení maximální zatopené plochy. Hodnoty zatopené plochy se pohybovaly přibližně o 40 000 ha pod maximální hranicí. V grafu stále můžeme vidět extrémy v prvním měsíci, letních měsících a v roce 2013. Oranžová přímka zde značí maximální možnou rozlohu zatopené oblasti.

## 6.2 Chemismus

V této kapitole je graficky znázorněn průběh významných ukazatelů pro tuto práci zejména:  $\text{N-NO}_3$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ , fosforu, teplota vody, pH, CHSK,  $\text{BSK}_5$ . První část se zabývá hodnocením jakosti vody pro odběr na úpravnu vody Podhradí (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV). Tyto hodnoty nám také slouží ke zjištění jakosti vody v samotné nádrži. Druhá část se týká vyhodnocování chemických ukazatelů na přítoku do nádrže Kružberk i na jejím odtoku. Vzorky, které jsou stanovovány pro přítok vodní nádrže Kružberk, jsou odebírány na odtoku z vodní nádrže Slezká Harta (Odběrný profil Slezká Harta – přítok vodní nádrže Kružberk). Vzorky, použity na stanovení ukazatelů odtoku z nádrže Kružberk, jsou odebírány za přehradním tělesem (Odběrný profil Kružberk – odtok).

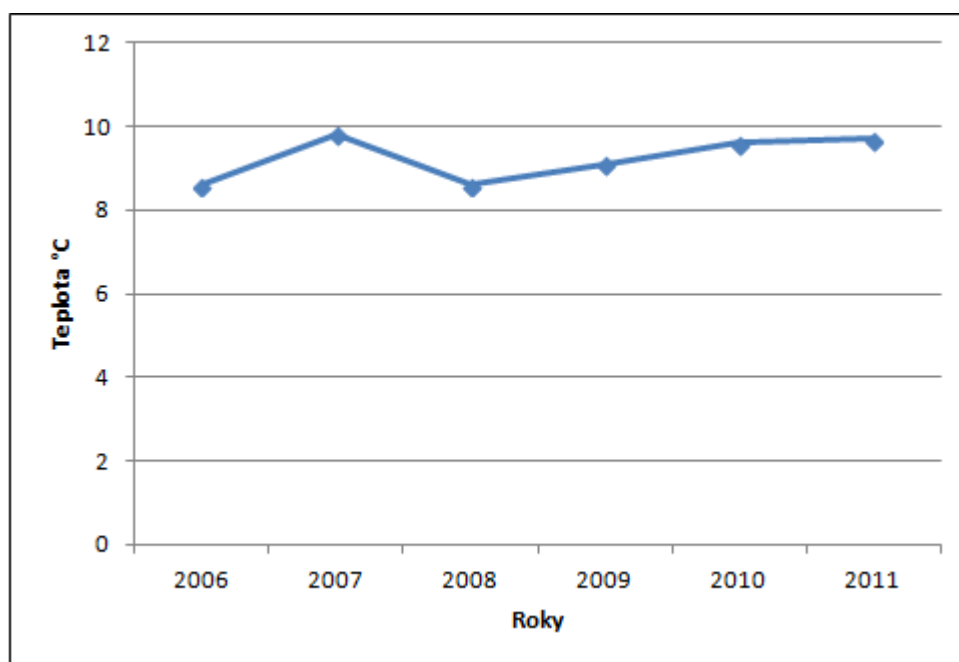
### 6.2.1 Vývoj jakosti vod vodní nádrže Kružberk.

V této kapitole jsou uvedeny hodnoty  $c_{90 \text{ max.}}$ , které značí hodnotu, která nebude z 90% překročena. Hodnoty jednotlivých ukazatelů byly získány na odběrném místě pro ÚV Podhradí. Data byla zpracována do tabulek i grafů.



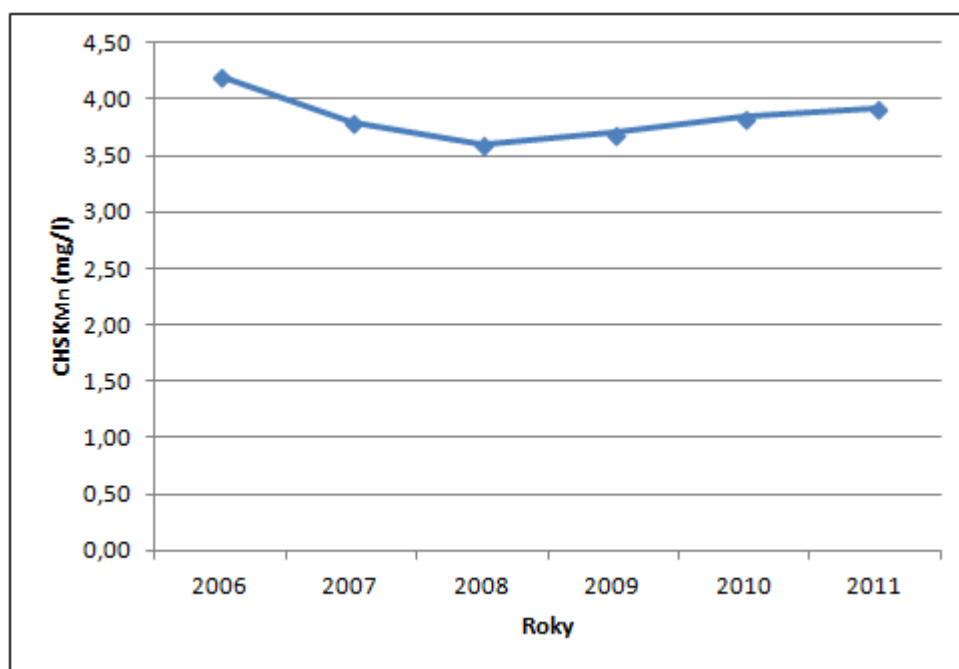
**Graf 4 - Vývoj c90 hodnot pH.**

Na grafu můžeme vidět velký výkyv v roce 2007. Poté se hodnoty drží průměrně kolem 7,4. Všechny tyto hodnoty se nacházejí v kategorii A1. (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV).



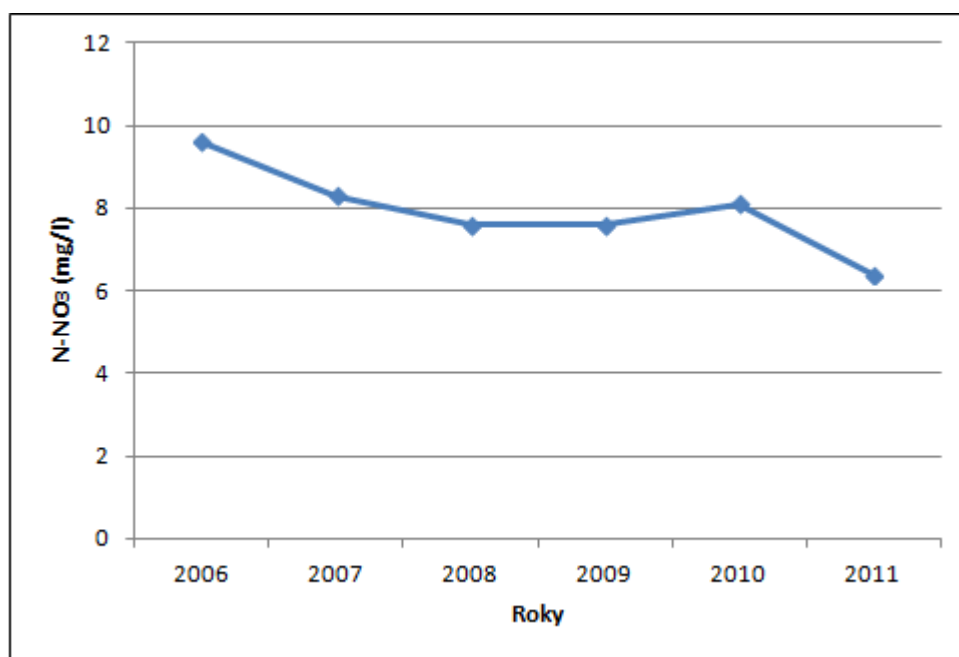
**Graf 5 - Vývoj c90 hodnot Teploty**

Z grafu můžeme vyčíst výkyv teploty v roce 2007. Poté má ukazatel rostoucí trend, ale hodnoty se nacházejí v kategorii A1. (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV).



**Graf 6 – Vývoj c90 hodnot CHSKMn.**

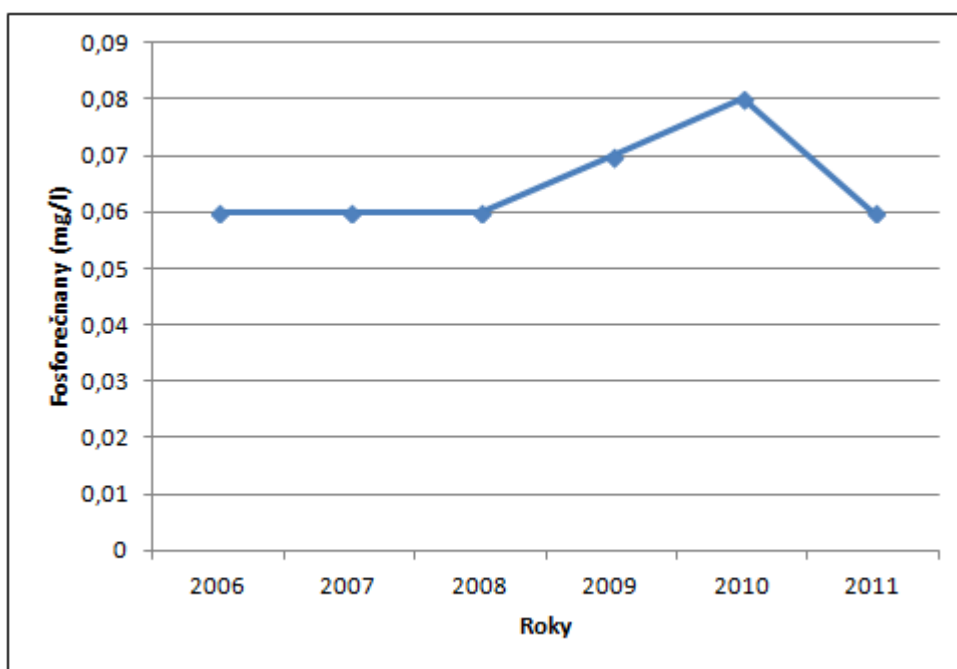
V grafu je vidět pokles hodnot v letech 2006 až 2007. V letech 2008 až 2011 je trend rostoucí. Tyto hodnoty spadají do kategorie A2. (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV).



**Graf 7 – Vývoj c90 hodnot NO<sub>3</sub>.**

Na tomto grafu můžeme vidět klesající trend dusičnanů mezi lety 2006 až 2011.

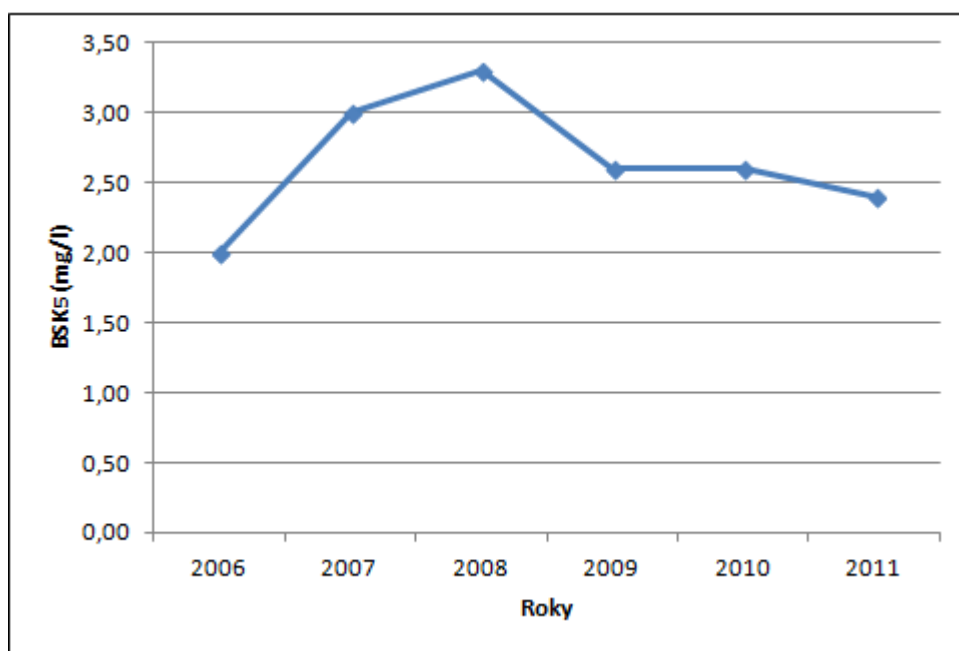
Voda v těchto letech dle tohoto ukazatele byla hodnocena kategorií A1. (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV).



**Graf 8 – Vývoj c90 hodnot fosforečnanů.**

Na grafu můžeme vidět stabilní trend mezi lety 2006 až 2008. Poté se hodnoty mezi roky 2008 až 2011 vychýlí o 0,02 výše a následně se vrátí na původní hodnotu. (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV).

.



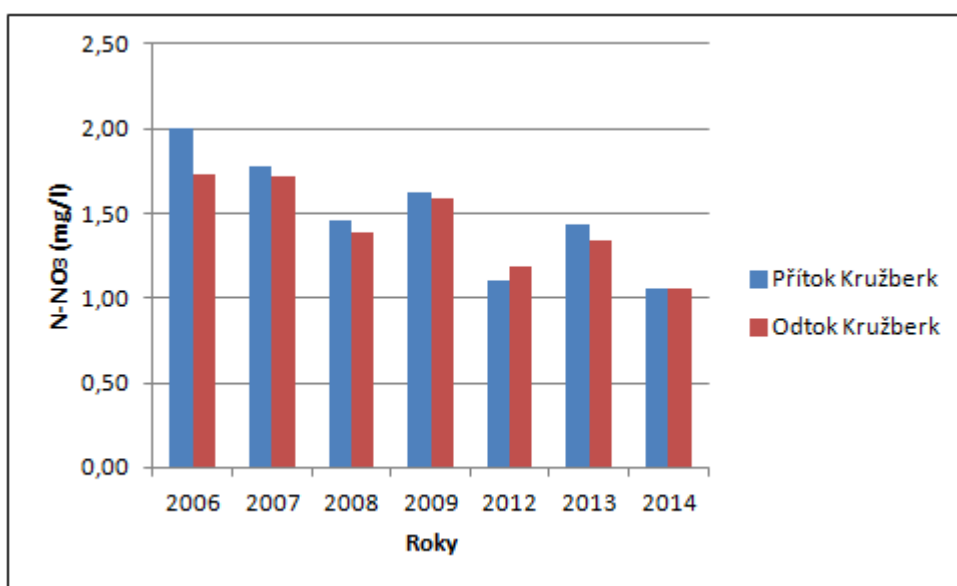
**Graf 9 – Vývoj c90 BSK5.**

Na grafu vidíme v letech 2006 až 2008 rostoucí trend, který v letech 2007 a 2008 překročil limity kategorie A1. Následně v letech 2008 až 2011 má charakter klesající a opět se hodnoty nacházejí v kategorii A1. (Odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV).



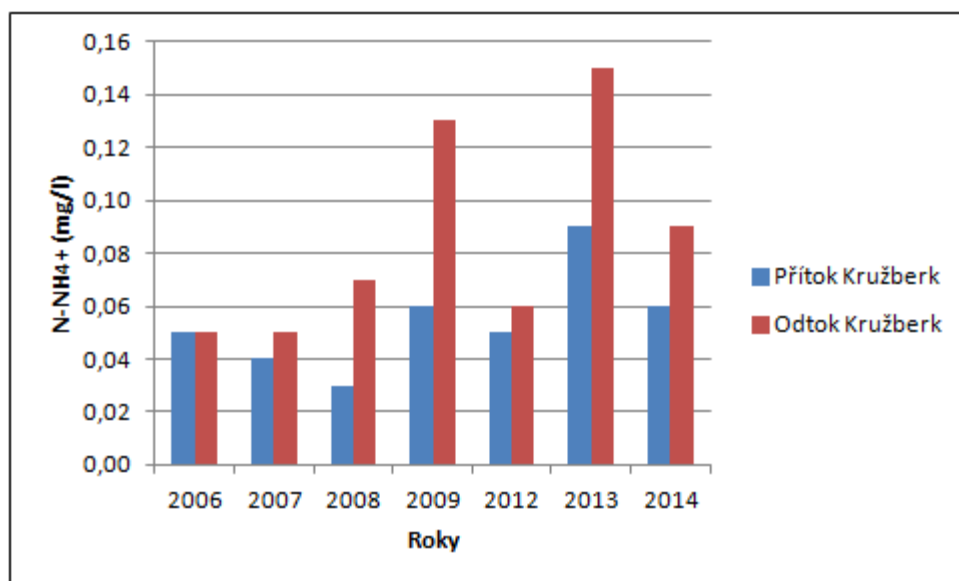
### 6.2.2 Vývoj chemismu přítoku a odtoku vodní nádrže Kružberk.

Tato kapitola znázorňuje vývoj hodnot chemických ukazatelů mezi přítokem do nádrže Kružberk a odtokem z ní. Všechna data jsou znázorněna graficky ve sloupcových grafech pro co největší přehlednost.



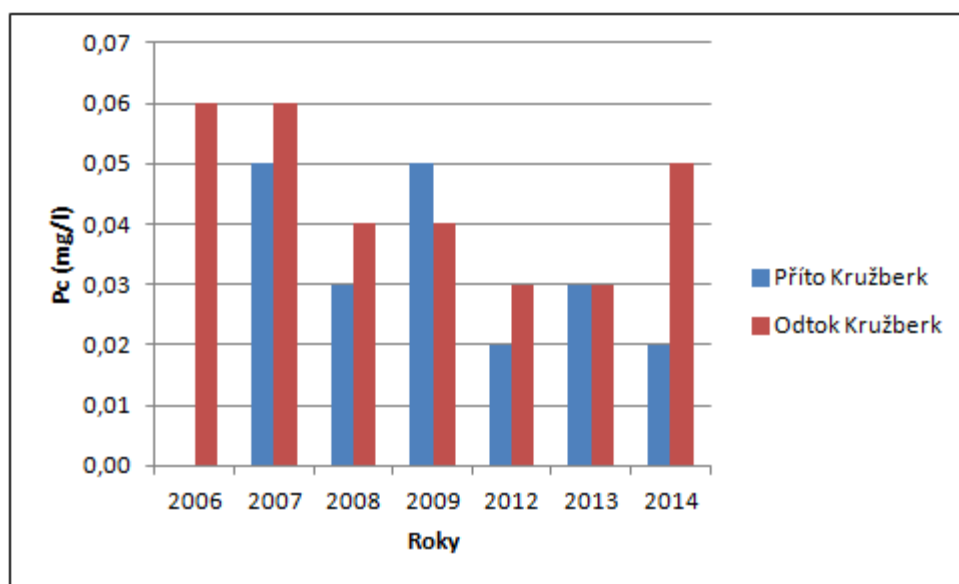
Graf 10 – Srovnání N-NO<sub>3</sub>.

Na tomto znázornění můžeme vidět, že hodnoty N-NO<sub>3</sub> jsou na odtoku ve většině případů nižší. Všechny tyto hodnoty se nacházejí v limitu přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb. (Odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk, Odběrný profil Kružberk – odtok).



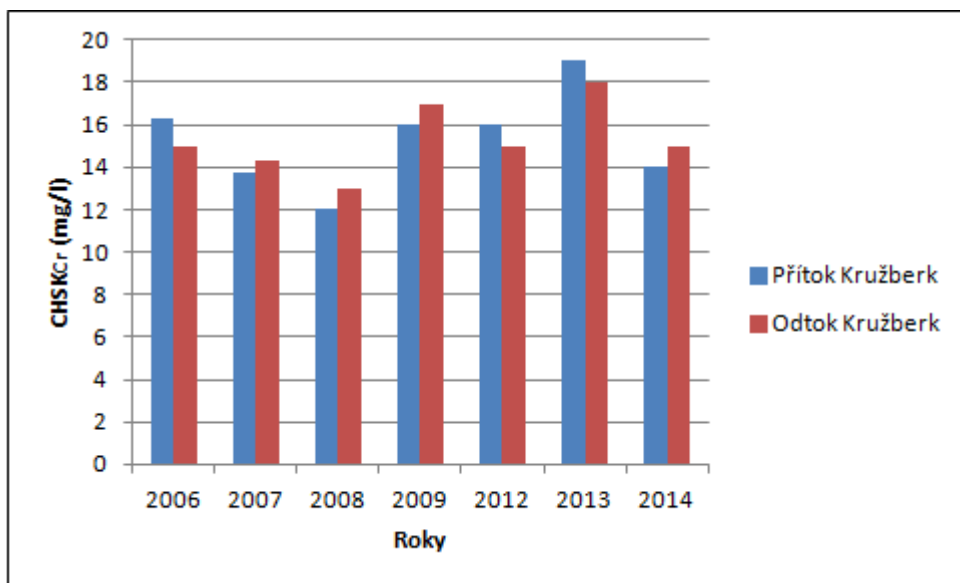
Graf 11 – Srovnání N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Na tomto grafu můžeme vidět, že hodnoty N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> jsou na odtoku vyšší. I přes zdánlivě vysoké koncentrace se hodnoty nacházejí v limitu přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb. (Odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk, Odběrný profil Kružberk – odtok).



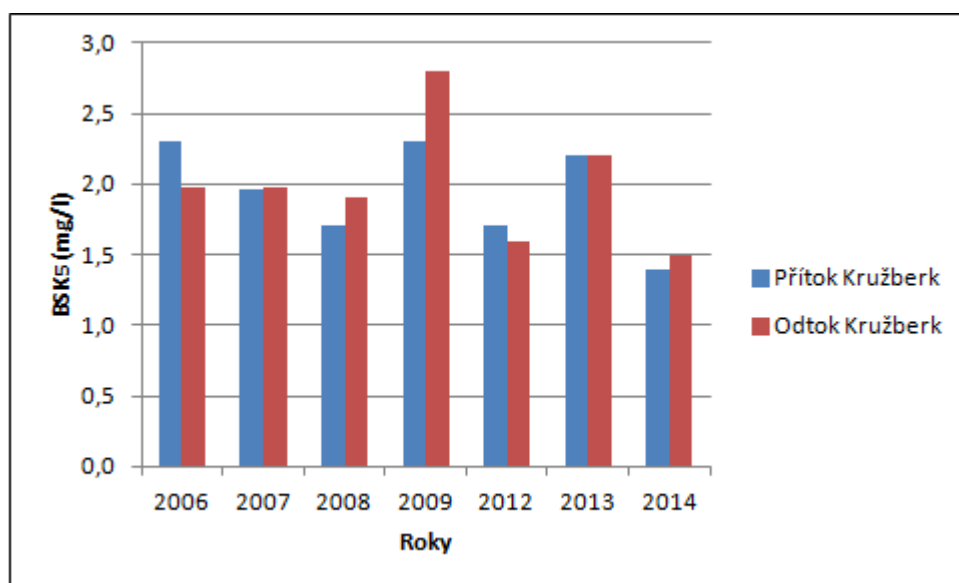
Graf 12 – Srovnání Pc.

Na tomto grafu můžete vidět střídavé rozdíly koncentrace fosforu mezi přítokem a odtokem. Největší rozdíl se nachází v roce 2006, kdy na přítoku byla naměřena hodnota 0,00 mg/l. Limitní hodnota přípustného znečištění 0,15 mg/l nebyla překročena. (Odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk, Odběrný profil Kružberk – odtok).



Graf 13 – Srovnání CHSK<sub>Cr</sub>.

Na tomto grafu můžeme vidět střídavé rozdíly koncentrace CHSK<sub>Cr</sub>. Rozdíly nejsou nijak velké a všechny hodnoty se nacházejí v limitu přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb. (Odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk, Odběrný profil Kružberk – odtok).



Graf 14 – Srovnání BSK<sub>5</sub>.

Na tomto znázornění můžeme vidět mírné rozdíly mezi hodnotami BSK<sub>5</sub>, které byly naměřeny na přítoku a odtoku nádrže Kružberk. Největší rozdíl můžeme vidět v roce 2009. Limitní hodnota přípustného znečištění 3,8 mg/l nebyla překročena. (Odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk, Odběrný profil Kružberk – odtok).

## 7 Závěr.

Cílem této práce bylo přiblížit kontrolu povrchových vod, které jsou určeny pro úpravu na vodu pitnou. V první řadě jsem podrobněji popsal zákony a legislativu týkající se vodního hospodářství. Na to navazuje vysvětlení pojmu „monitoring vod“, jeho postupy a legislativní nařízení. Dále jsem se zabýval jakostí vod, kde jsem popsal vyhlášky a nařízení vlády, které stanovují konkrétní limity pro vody surové i pitné. Taktéž jsem rozepsal jednotlivé kategorie, do kterých lze surovou vodu zařadit podle množství látek přítomných ve vodě a podle kterých se vyhodnocuje doporučená následná úprava na vodu pitnou. Následně jsem popsal jednotlivé ukazatele, jako jsou teplota vody, pH, přítomnost organických látek a dusíkaté látky. U každého ukazatele jsem taktéž poznamenal limitní hodnoty, stanovené legislativou. Ke konci teoretické části této práce, jsem popsal vodní dílo, kterým jsem se zabýval a to vodní nádrž Kružberk. Taktéž jsem zmínil vodní nádrž Lobník, která není tak známá, ale přesto má nepostradatelnou funkci pro dobrý stav nádrže Kružberk.

Následující praktickou část jsem rozdělil na dvě části. První se zabývá objemem vodní nádrže Kružberk, kde jsem vyhodnotil například vývoj objemu nádrže, výšku hladiny nebo velikost zatopené plochy. Zde jsou data zpracována do tabulek po jednotlivých ukazatelích. Tyto výstupy jsem doplnil i o grafické zpracování. Data do této části jsem čerpal z Povodí Odry, s.p.. Druhá část se zabývá jednotlivými ukazateli, značící chemický stav surové vody. Nejprve jsem hodnotil stav surové vody na odběrném profilu (odběrný profil ÚV Podhradí – přítok na ÚV), která je upravována na vodu pitnou. Stav surové vody byl vyhodnocen graficky v podobě hodnot c90 max. Tabulkové zpracování se nachází v přílohách. Dalším krokem bylo vyhodnocení vývoje koncentrací jednotlivých ukazatelů mezi odběrnými profily (odběrný profil Slezská Harta – přítok vodní nádrže Kružberk), (odběrný profil Kružberk – odtok). Tato data jsem zpracoval taktéž graficky a v podobě tabulek, které se nacházejí v přílohách.

## Použité zdroje.

- 1      *Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: . Praha: AION CS, 2001, ročník 2001, číslo 254.
- 2      ČSN 75 0120. *Vodní hospodářství: Terminologie - hydrotechniky*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- 3      Monitoring vod. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, c2015 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/monitoring\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/monitoring_vod)
- 4      *Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech*. In: . Praha: AION CS, 2015, ročník 2015, číslo 401.
- 5      Způsob monitoringu a hodnocení zobrazovaných parametrů. *Povodí Labe* [online]. Praha: MGE Data, c2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.pla.cz/portal/jvn/cz/popis\\_cz.htm](http://www.pla.cz/portal/jvn/cz/popis_cz.htm)
- 6      Oblast kvality vod. [Http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz](http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz) [online]. Ostrava: Moravskoslezský kraj, c2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/temata/koncepce/kvality\\_vod.pdf](http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/temata/koncepce/kvality_vod.pdf)

7      *Vyhláška č. 137/1999 Sb. Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů.* In: . Praha: AION CS, 1999, ročník 1999, číslo 137.

8      *Vyhláška č. 48/2014 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů.* In: . Praha: AION CS, 2014, ročník 2014, číslo 48.

9      *Vyhláška č. 428/2001 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).* In: . Praha: AION CS, 2001, ročník 2001, číslo 428.

10     *Zákon č. 274/2001 Sb. Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).* In: . Praha: AION CS, 2001, ročník 2001, číslo 274.

11     *Vyhláška č. 252/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.* In: . Praha: AION CS, 2004, ročník 2004, číslo 252.



12 Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů. In: . Praha: AION CS, 2014, ročník 2014, číslo 83.

13 PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

14 Teplotní stratifikace. Hgf10.vsb.cz [online]. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, c2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky\\_system/teplotni\\_stratifikace.htm](http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/teplotni_stratifikace.htm)

15 Jakost vody. Voda. gov.cz [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, c2016 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://voda.gov.cz/portal/cz/jakost\\_vody.htm](http://voda.gov.cz/portal/cz/jakost_vody.htm)

16 SKALIČKA, M., ŠTRAJT, M.: *Jakost vody v údolních nádržích za rok 2007*. Ostrava: 2008, 126 s.

17 YAMAGUCHI, Shoichi, Achintya KUNDU, Pratik SEN a Tahei TAHARA. Quantitative estimate of the water surface pH using heterodyne-detected electronic sum frequency generation. The Journal of Chemical Physics. 2012, **137**(15), 1. DOI: 10.1063/1.4758805. ISSN 0021-9606. Dostupné také z: <http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4758805>

18 HAVLÍNEK, P., ŘÍHA, J.: *Jakost vody v povodí*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2004, 209 s., ISBN 80-214-2815-5

- 19 Metody stanovení obsahu dusíku. [Http://hydrobiologie.upol.cz/](http://hydrobiologie.upol.cz/) [online]. Olomouc: ekologie, c2011 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/03\\_metody\\_stanoveni\\_obsahu\\_%20dusiku.pdf](http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/03_metody_stanoveni_obsahu_%20dusiku.pdf)
- 20 HORPPILA, Jukka, Heidi HOLMROOS, Juha NIEMISTÖ, Ilmo MASSA, Nina NYGRÉN, Paula SCHÖNACH, Petri TAPIO a Olga TAMMEORG. Variations of internal phosphorus loading and water quality in a hypertrophic lake during 40 years of different management efforts. *Ecological Engineering*. 2017, **103**(1), 264-274. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.04.018. ISSN 09258574. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857417301829>
- 21 MARTÍNKOVÁ, Iveta. *Vliv odtěžení sedimentů na kvalitu vody vodního díla Baška*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VŠB- Technická Univerzita Ostrava.
- 22 GEERDINK, René Bernard, Ricardo SEBASTIAAN VAN DEN HURK a Onno Jacob EPEMA. Chemical oxygen demand. *Analytica Chimica Acta*. 2017, **961**(1), 1-5. DOI: 10.1016/j.aca.2017.01.009. ISSN 00032670. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003267017300880>
- 23 PONOMAREVA, O. N., V. A. ARLYAPOV, V. A. ALFEROV a A. N. RESHETILOV. Microbial biosensors for detection of biological oxygen demand (a Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2011, **47**(1), 1-11. DOI: 10.1134/S0003683811010108. ISSN 0003-6838. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1134/S0003683811010108>
- 24 Moravice. *Atlas vodních toků* [online]. Ostrava: Povodí Odry, c2016 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: [https://www.pod.cz/atlas\\_toku/moravice.html](https://www.pod.cz/atlas_toku/moravice.html)

- 25 Kružberská přehrada. *Oživlý svět technických pátek* [online]. Hradec nad Moravicí: Oživlý svět technických památek, c2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.technicke-pamatky.cz/sekce/50/krubersk-pehrada/>
- 26 Kružberk. *Povodí Odry* [online]. Ostrava: POLAR televize Ostrava, c2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.pod.cz/stranka/kruzberk.html>
- 27 Špičková elektrárna. Co je co [online]. OPTIMUS, 2006 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&s\\_lang=2&id\\_desc=94731](http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&s_lang=2&id_desc=94731)
- 28 Lobník. Turistika.cz [online]. Turistika, c2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.turistika.cz/mista/lobnik-prehrada/detail>

## Seznam tabulek, grafů a obrázků.

Tabulka 1- hodnoty přípustného znečištění povrchových vod dle NV č. 401/2015 Sb. [4].....	6
Tabulka 2– ukazatele jakosti surové vody [8]. ....	7
Tabulka 3– limity pro pitné vody[12]. ....	8
Tabulka 4- Základní technické údaje [26]. ....	18
Tabulka 5- Rozdíl výšek hladin od zásobní kóty nádrže za období 2006-2010. ....	21
Tabulka 6– Rozdíl výšek hladin od zásobní kóty nádrže za období 2010-2014.....	21
Tabulka 7- Rozdíl objemů nádrže od zásobního objemu za období 2006-2010.....	23
Tabulka 8- Rozdíl objemů nádrže od zásobního objemu za období 2010-2014.....	23
Tabulka 9 - Rozdíl zatopené plochy od maxima z období 2006-2010. ....	25
Tabulka 10- Rozdíl zatopené plochy od maxima za období 2010-2014.....	25
Graf 1– Rozdíl výšek hladin od zásobní kóty nádrže za období 2006-2010(1) a 2010-2014(2). ....	22
Graf 2-Vývoj objemu nádrže v letech 2006-2010 (1) a 2010-2014(2). ....	24
Graf 3- Vývoj zatopené plochy v letech 2006-2010(1) a 2010-2014(2).....	26
Graf 4- Vývoj c90 hodnot pH. ....	28
Graf 5- Vývoj c90 hodnot Teploty.....	29
Graf 6– Vývoj c90 hodnot CHSKMn. ....	30
Graf 7– Vývoj c90 hodnot NO <sub>3</sub> .....	31
Graf 8– Vývoj c90 hodnot fosforečnanů.....	32
Graf 9– Vývoj c90 BSK <sub>5</sub> .....	33
Graf 10– Srovnání N-NO <sub>3</sub> .....	34

Graf 11– Srovnání N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	35
Graf 12– Srovnání P <sub>c</sub> .....	36
Graf 13– Srovnání CHSKCr. ....	37
Graf 14– Srovnání BSK <sub>5</sub> . ....	38
Obrázek 1–Schéma dynamických a statických dat. ....	5
Obrázek 2– Schéma rozložení teplotních vrstev v letním období. ....	9
Obrázek 3– Secciho deska. ....	11
Obrázek 4– Mapa povodí Odry a umístění vodní nádrže Kružberk. ....	18
Obrázek 5– Umístění vodní nádrže Lobník. ....	19

## Seznam příloh.

Příloha 1: Tabulka celkové změny průtoku vlivem hospodaření nádrže a výparu. ..	48
Příloha 2: Tabulka změny průtoku vlivem hospodaření nádrže. ....	48
Příloha 3: Koncentrace N-NO <sub>3</sub> na přítoku do nádrže Kružberk. ....	49
Příloha 4: Koncentrace N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na přítoku do nádrže Kružberk. ....	49
Příloha 5: Koncentrace fosforu na přítoku do nádrže Kružberk. ....	50
Příloha 6: Vývoj hodnot CHSKCr na přítoku do nádrže Kružberk. ....	50
Příloha 7: Vývoj hodnot BSK <sub>5</sub> na přítoku do nádrže Kružberk. ....	51
Příloha 8: Koncentrace N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> na odtoku z nádrže Kružberk. ....	51
Příloha 9: Vývoj hodnot CHSKCr na odtoku z nádrže Kružberk. ....	52
Příloha 10: Koncentrace N-NO <sub>3</sub> na odtoku z nádrže Kružberk. ....	52
Příloha 11: Koncentrace fosforu na odtoku z nádrže Kružberk. ....	53
Příloha 12: Vývoj hodnot BSK <sub>5</sub> na odtoku z nádrže Kružberk. ....	53
Příloha 13: Vývoj hodnot PC na odběrném profilu Sl. Harta. ....	54
Příloha 14: Celkové změny průtoku vlivem hospodaření nádrže a výparu v letech 2006-2010(1) a 2010-2014(2). ....	55
Příloha 15: změny průtoků vlivem hospodaření nádrže v letech 2006-2010(1) a 2010-2014(2). ....	56
Příloha 16: Vývoj c <sub>90</sub> hodnot pH. ....	57
Příloha 17: Vývoj c <sub>90</sub> hodnot Teploty. ....	57
Příloha 18: Vývoj c <sub>90</sub> hodnot CHSKMn. ....	57
Příloha 19: Vývoj c <sub>90</sub> hodnot NO <sub>3</sub> . ....	57
Příloha 20: Vývoj c <sub>90</sub> hodnot fosforečnanů. ....	58
Příloha 21: Vývoj c <sub>90</sub> hodnot BSK <sub>5</sub> . ....	58

## Přílohy.

**Příloha 1: Tabulka celkové změny průtoku vlivem hospodaření nádrže a výparu.**

Celková změna průtoků vlivem hospodaření nádrže a výparu (m <sup>3</sup> /s)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2006	-2,163	1,372	-2,401	0,736	0,355	1,263	0,581	0,264	-0,024	-1,853	0,76	1,035
2007	-1,128	0,02	-0,667	0,624	0,05	-0,024	1,908	0,572	-2,051	-0,268	0,162	1,285
2008	-1,741	0,96	-0,706	-0,115	0,45	0,596	-0,204	-0,329	0,138	-0,021	1,357	0,899
2009	-1,991	0,409	-0,326	-0,03	-0,313	0,366	-0,056	1,022	-0,306	0,509	1,316	0,936
2010	-1,977	-1,541	0,581	-0,292	0,321	0,706	-0,574	1,257	-1,232	0,003	0,155	-0,026
2011	0,822	0,257	-0,905	-0,16	-0,128	1,523	-1,327	0,166	0,965	1,186	-1,052	0,009
2012	-0,022	0,168	-0,273	-0,408	0,138	0,643	2,016	-1,079	-1,112	0,503	0,766	1,476
2013	-1,658	2,266	0,221	-2,878	-0,576	0,964	-0,25	1,141	-1,08	0,888	-0,589	-0,405
2014	0,582	-0,394	0,597	-0,286	-1,255	1,299	-0,304	0,399	-0,611	0,141	0,312	0,491

**Příloha 2: Tabulka změny průtoku vlivem hospodaření nádrže.**

Změna průtoků vlivem hospodaření nádrže (m <sup>3</sup> /s)												
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2006	-2,171	1,360	-2,416	0,701	0,298	1,177	0,454	0,193	-0,086	-1,897	0,730	1,014
2007	-1,150	0,000	-0,693	0,584	-0,018	-0,123	1,808	0,488	-2,099	-0,302	0,142	1,271
2008	-1,762	0,941	-0,731	-0,155	0,381	0,497	-0,307	-0,424	0,086	-0,056	1,337	0,885
2009	-2,003	0,394	-0,347	-0,076	-0,374	0,291	-0,168	0,924	-0,373	0,476	1,289	0,923
2010	-1,985	-1,555	0,560	-0,326	0,269	0,617	-0,691	1,167	-1,282	-0,028	0,125	-0,037
2011	0,828	0,244	-0,926	-0,201	-0,187	1,433	-1,415	0,066	0,901	1,153	-1,071	-0,009
2012	-0,036	0,160	-0,295	-0,444	0,074	0,553	1,913	-1,170	-1,170	0,469	0,738	1,463
2013	-1,669	2,253	0,209	-2,909	-0,636	0,877	-0,366	1,040	-1,130	0,846	-0,615	-0,424
2014	0,566	-0,415	0,568	-0,328	-1,318	1,205	-0,427	0,310	-0,684	0,093	0,277	0,471

**Příloha 3: Koncentrace N-NO<sub>3</sub> na přítoku do nádrže Kružberk.**

N-NO <sub>3</sub>	
Rok	mg/l
2006	2,00
2007	1,78
2008	1,46
2009	1,62
2012	1,10
2013	1,43
2014	1,05

**Příloha 4: Koncentrace N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na přítoku do nádrže Kružberk.**

N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
Rok	mg/l
2006	0,05
2007	0,04
2008	0,03
2009	0,06
2012	0,05
2013	0,09
2014	0,06



**Příloha 5: Koncentrace fosforu na přítoku do nádrže Kružberk.**

P <sub>c</sub>	
Rok	mg/l
2006	0,00
2007	0,05
2008	0,03
2009	0,05
2012	0,02
2013	0,03
2014	0,02

**Příloha 6: Vývoj hodnot CHSK<sub>Cr</sub> na přítoku do nádrže Kružberk.**

CHSK <sub>Cr</sub>	
Rok	mg/l
2006	16
2007	14
2008	12
2009	16
2012	16
2013	19
2014	14

**Příloha 7: Vývoj hodnot BSK<sub>5</sub> na přítoku do nádrže Kružberk.**

BSK <sub>5</sub>	
Rok	mg/l
2006	2,3
2007	2,0
2008	1,7
2009	2,3
2012	1,7
2013	2,2
2014	1,4

**Příloha 8: Koncentrace N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na odtoku z nádrže Kružberk.**

N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
Rok	mg/l
2006	0,05
2007	0,05
2008	0,07
2009	0,13
2012	0,06
2013	0,15
2014	0,09

**Příloha 9: Vývoj hodnot CHSK<sub>Cr</sub> na odtoku z nádrže Kružberk.**

CHSK <sub>Cr</sub>	
Rok	mg/l
2006	15
2007	14
2008	13
2009	17
2012	15
2013	18
2014	15

**Příloha 10: Koncentrace N-NO<sub>3</sub> na odtoku z nádrže Kružberk.**

N-NO <sub>3</sub>	
Rok	mg/l
2006	1,73
2007	1,72
2008	1,39
2009	1,59
2012	1,19
2013	1,34
2014	1,05

**Příloha 11: Koncentrace fosforu na odtoku z nádrže Kružberk.**

P <sub>c</sub>	
Rok	mg/l
2006	0,06
2007	0,06
2008	0,04
2009	0,04
2012	0,03
2013	0,03
2014	0,05

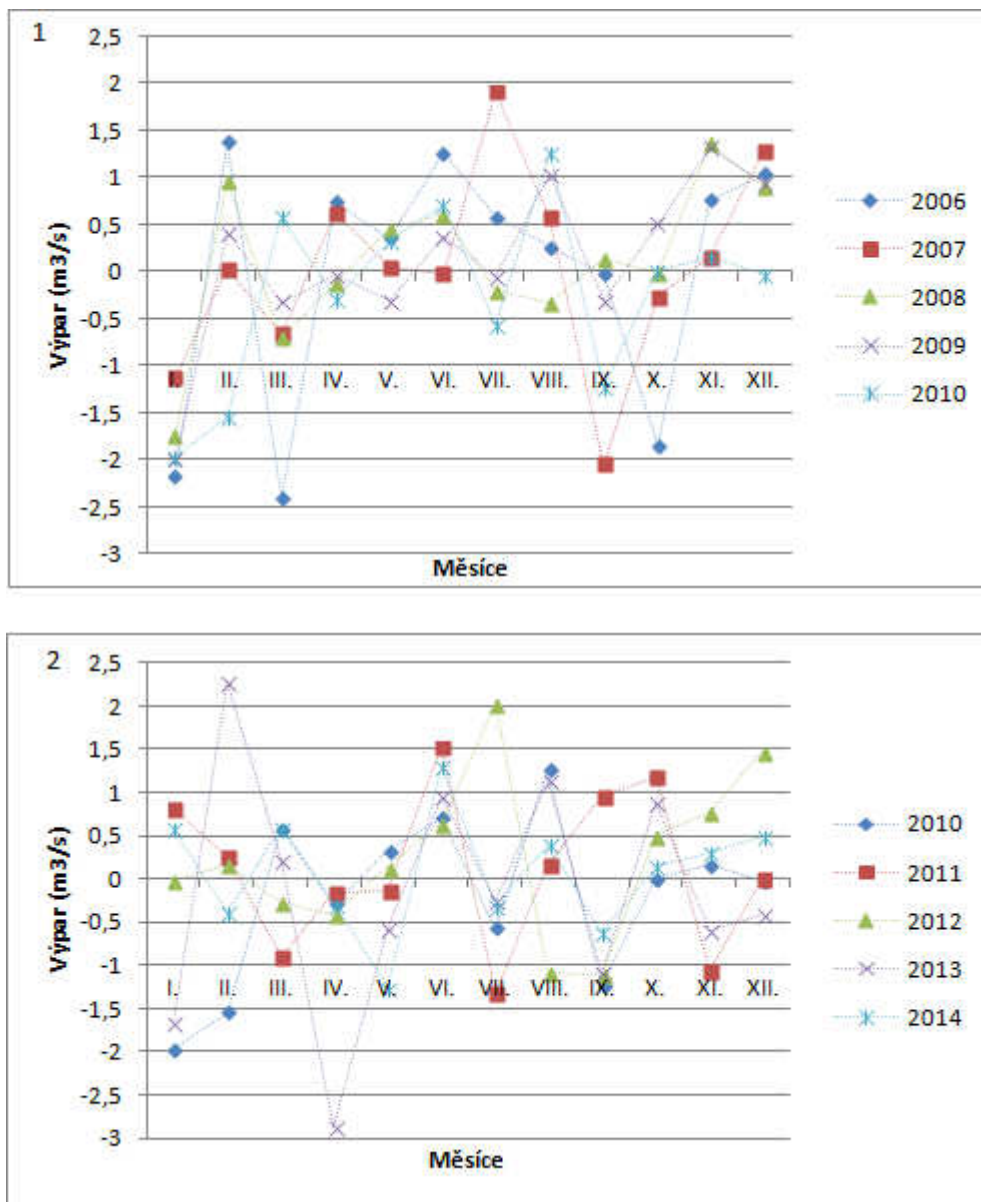
**Příloha 12: Vývoj hodnot BSK<sub>5</sub> na odtoku z nádrže Kružberk.**

BSK <sub>5</sub>	
Rok	mg/l
2006	2,0
2007	2,0
2008	1,9
2009	2,8
2012	1,6
2013	2,2
2014	1,5

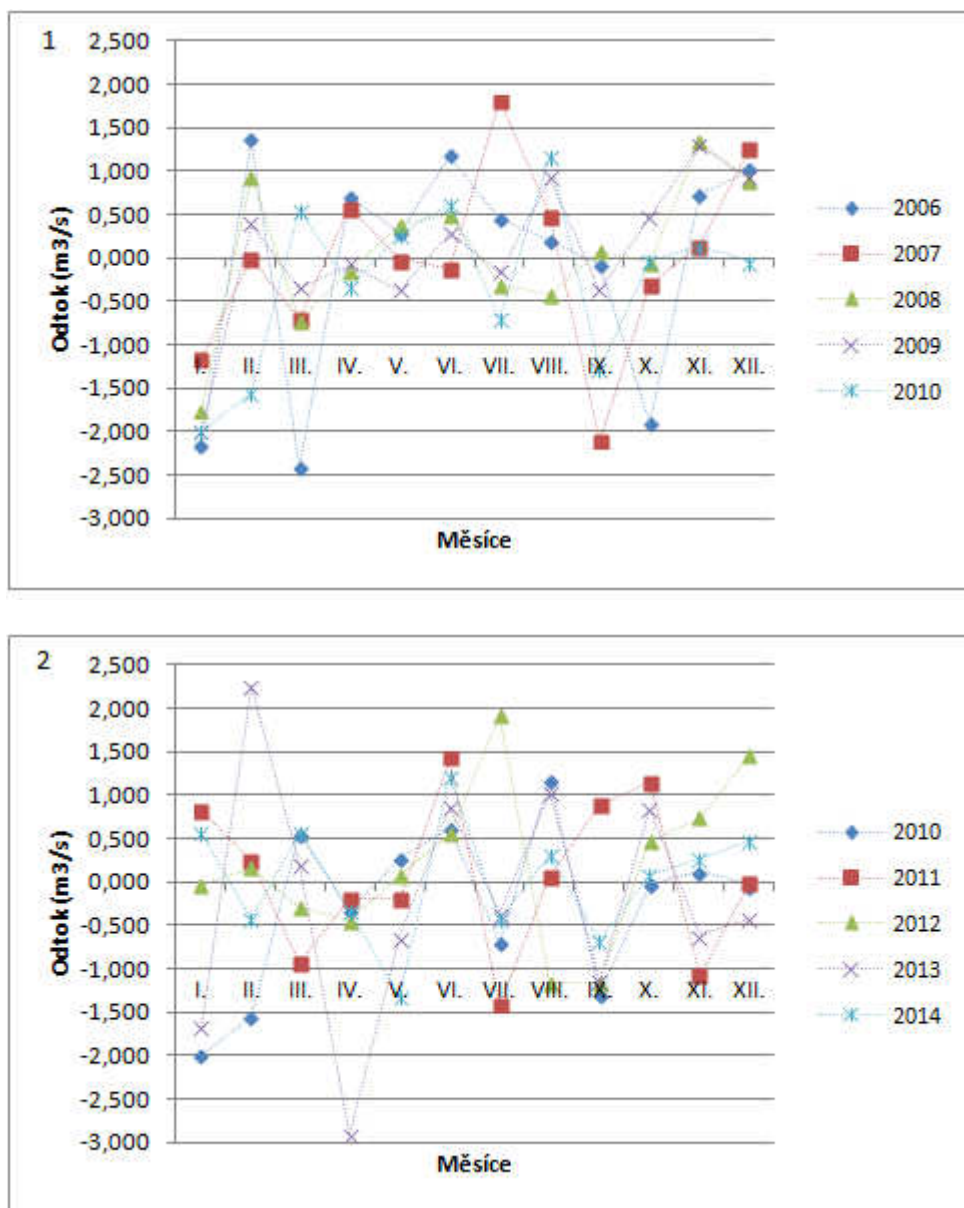
**Příloha 13: Vývoj hodnot PC na odběrném profilu Sl. Harta.**

Pc	
Rok	mg/l
2006	0,10
2007	0,05
2008	0,06
2009	0,05
2010	0,05
2011	0,05
2012	0,03
2013	0,03
2014	0,03

**Příloha 14: Celkové změny průtoku vlivem hospodaření nádrže a výparu v letech 2006-2010(1)  
a 2010-2014(2).**



Příloha 15: změny průtoků vlivem hospodaření nádrže v letech 2006-2010(1) a 2010-2014(2).



**Příloha 16: Vývoj c90 hodnot pH.**

pH - C90 max.	
2006	7,30
2007	7,80
2008	7,50
2009	7,38
2010	7,39
2011	7,45

**Příloha 17: Vývoj c90 hodnot Teploty.**

Teplota - c90 max. °C	
2006	8,6
2007	9,8
2008	8,6
2009	9,1
2010	9,6
2011	9,7

**Příloha 18: Vývoj c90 hodnot CHSK<sub>Mn</sub>.**

CHSK <sub>Mn</sub> – c90 max. mg/l	
2006	4,20
2007	3,80
2008	3,60
2009	3,70
2010	3,84
2011	3,92

**Příloha 19: Vývoj c90 hodnot NO<sub>3</sub>.**

NO <sub>3</sub> – c90 max. mg/l	
2006	9,6
2007	8,3
2008	7,6
2009	7,6
2010	8,1
2011	6,4



**Příloha 20: Vývoj c90 hodnot fosforečnanů.**

Fosforečnany – c90 max. mg/l	
2006	0,06
2007	0,06
2008	0,06
2009	0,07
2010	0,08
2011	0,06

**Příloha 21: Vývoj c90 hodnot BSK<sub>5</sub>.**

BSK <sub>5</sub> – c90 max. mg/l	
2006	2,00
2007	3,00
2008	3,30
2009	2,60
2010	2,60
2011	2,40